



TUGAS AKHIR - SS145561

ANALISIS KAPABILITAS PROSES PRODUK ROKOK DI PT. X SURABAYA

Evi Betris Kurnia Aswanda
NRP 10611500000010

Pembimbing

Dra. Sri Mumpuni Retnaningsih, MT.

Co Pembimbing

Mike Prastuti, S.Si., M.Si

Program Studi Diploma III
Departemen Statistika Bisnis
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018



TUGAS AKHIR - SS 145561

ANALISIS KAPABILITAS PROSES PRODUK ROKOK DI PT. X SURABAYA

Evi Betris Kurnia Aswanda
NRP 10611500000010

Pembimbing
Dra. Sri Mumpuni Retnaningsih, MT

Co Pembimbing
Mike Prastuti, S.Si., M.Si.

**Program Studi Diploma III
Departemen Statistika Bisnis
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018**



FINAL PROJECT - SS 145561

CAPABILITY PROCESS ANALYSIS OF CIGARETTE PRODUCTS IN PT. X SURABAYA

Evi Betris Kurnia Aswanda
NRP 10611500000010

Supervisor

Dra. Sri Mumpuni Retnaningsih, MT

Co Supervisor

Mike Prastuti, S.Si., M.Si.

Program of Study Diploma III
Department of Statistics Business
Faculty of Vocations
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS KAPABILITAS PROSES PRODUK ROKOK DI PT. X SURABAYA

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya pada
Departemen Statistika Bisnis
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

Evi Betris Kurnia Aswanda
NRP. 10611500000010

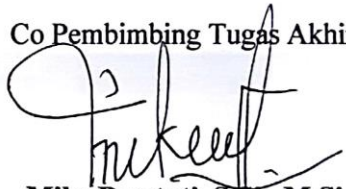
Surabaya, 28 Mei 2018
Menyetujui,

Pembimbing Tugas Akhir



Dra. Sri Mumpuni Retnaningsih, MT.
NIP. 19610311 198701 2 001

Co Pembimbing Tugas Akhir

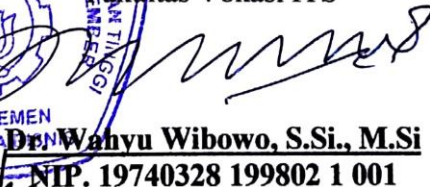


Mike Prastuti, S.Si., M.Si
NIP. 19910122 201504 2 002



Mengetahui,

Kepala Departemen Statistika Bisnis
Fakultas Vokasi ITS



Dr. Wahyu Wibowo, S.Si., M.Si
NIP. 19740328 199802 1 001

ANALISIS KAPABILITAS PROSES

PRODUK ROKOK DI PT. X

Nama : Evi Betris Kurnia Aswanda
NRP : 10611500000010
Departemen : Statistika Bisnis Fakultas Vokasi ITS
Dosen Pembimbing : Dra. Sri Mumpuni R, M.T
Co Pembimbing : Mike Prastuti, S.Si., M.Si

Abstrak

Rokok W merupakan salah satu produk keunggulan rokok di PT. X karena jumlah penjualannya lebih tinggi dibandingkan produk rokok yang lain. Pengendalian kualitas dilakukan di PT. X untuk mempertahankan kualitas dari produk rokok W dengan tiga jenis inspeksi yaitu uji fisik, uji kimia dan uji organoleptik. Hasil pengujian kimia dari kualitas rokok dikumpulkan menggunakan alat check sheet dan setelah itu hanya dilakukan analisis statistika deskriptif sehingga tidak dapat mengambil kesimpulan, oleh karena itu perusahaan perlu melakukan analisis indeks kapabilitas proses kandungan zat kimia yang terdapat pada rokok untuk mendapatkan kesimpulan apakah proses produksi sudah kapabel dan mampu memenuhi keinginan keinginan pelanggan atau belum. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa proses produksi pada bulan Januari 2018 dan bulan Februari 2018 telah terkendali secara statistik, serta kemampuan proses produksi pada bulan Januari 2018 sebesar 5,03 dan bulan Februari 2018 sebesar 4,798 sehingga dapat dikatakan proses telah kapabel. Penyebab proses produksi keluar dari batas spesifikasi disebabkan oleh suhu ruangan yang panas dan mesin yang sering macet sehingga akan menyebabkan blended bahan baku bermasalah dan akan berakibat pada campuran bahan baku yang tidak rata.

Kata Kunci : Kapabilitas Proses, Peta Kendali Generalized Variance, Peta Kendali T^2 Hotteling, dan Rokok.

CAPABILITY PROCESS ANALYSIS OF CIGARETTE PRODUCTS IN PT. X SURABAYA

Student Name : Evi Betris Kurnia Aswanda
NRP : 10611500000010
Departement : Business Statistic Faculty of Vocations ITS
Supervisor : Dra. Sri Mumpuni R, M.T
Co Supervisor : Mike Prastuti, S.Si., M.Si

Abstract

Cigarette W is one of the products of the cigarette in PT. X because its sales volume higher than other tobacco products .Conducted in pt quality control . PT. X to maintain the quality of the cigarette W with three types of inspection of the physical , chemical tests organoleptik test .The result of chemical testing cigarette collected used a sheet and after that only check analysis was conducted statistic descriptive so they could not draw conclusions , hence the company need to do the analysis capabilities the chemical contents which were found in cigarettes to get conclusion is the production process have capable and able to meet the desire customers or not. The result of the research indicated that any process affecting the production rupiah on January 2018 and February 2018 have uncontrollable is statistically , and ability to any process affecting the production rupiah on January 2018 as much as 5,03 and February 2018 as much as 4,798 so that it can be it is said the process has capable . The problem of production process out of bounds specification caused by machine that which is often defaulted and will cause blended raw materials troubled would result in a mixture of the raw materials that uneven.

Keyword : *Capabilities the Process, Cigarettes, Generalized Variance Map Control, and T^2 Hotteling Map Control.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul “**Analisis Kapabilitas Proses Produk Rokok di PT.X Surabaya**”. Penyusunan Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik dan lancar karena tidak lepas dari dukungan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Dra. Sri Mumpuni Retnaningsih, MT selaku dosen pembimbing yang telah membimbing dan memberikan masukan serta memberikan dukungan bagi penulis untuk dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Ibu Mike Prastuti, S.Si, M.Si selaku co pembimbing yang memberikan masukan dan bimbingan selama penyusunan laporan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Dra. Lucia Aridinanti, MT dan Ibu Noviyanti Santoso, S.Si, M.Si selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan masukan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
4. Bapak Dr. Wahyu Wibowo, S.Si, M.Si selaku Kepala Departemen Statistika Bisnis Fakultas Vokasi ITS yang telah menyediakan fasilitas untuk menyelesaikan Tugas Akhir.
5. Ibu Ir. Sri Pingit Wulandari, M.Si selaku Kepala Program Studi DIII Departemen Statistika Bisnis Fakultas Vokasi ITS sekaligus dosen wali yang telah memberikan semua informasi dan memberi motivasi penulis selama menjadi mahasiswa.
6. Seluruh Dosen dan karyawan Departemen Statistika Bisnis Fakultas Vokasi ITS yang telah memberikan pengalaman dan ilmu kepada penulis.
7. Bapak Risfian Eka Kurniawan selaku pembimbing lapangan di PT. X Surabaya yang selalu memberi bimbingan dan masukan bagi penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
8. Kedua orang tua penulis yang selalu mendoakan, mendukung, memberi semangat, serta selalu mencurahkan kasih sayangnya, dan segalanya yang telah diberikan untuk penulis sehingga

menjadi mudah dan dilancarkan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

9. Mas Yusuf dan Mas Dhani selaku alumni Departemen Statistika Bisnis Fakultas Vokasi ITS yang telah membantu ketika penulis membutuhkan pencerahan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
10. Sahabat tercinta Dannis, Ludia, Diwa, Nadhifa, Sabila, Tara, dan Frizka yang selalu memberikan semangat dan tempat berbagi selama masa perkuliahan.
11. Teman-teman fungsionaris HIMADATA-ITS serta seluruh teman-teman mahasiswa Departemen Statistika Bisnis Fakultas Vokasi ITS khususnya angkatan 2015 “HEROES” dan semua pihak yang memberikan pengalaman dan kenangan yang berharga bagi penulis.
12. Semua pihak yang telah memberikan dukungan yang tidak dapat disebutkan satu persatu oleh penulis.

Penulis menyadari bahwa laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun untuk perbaikan berikutnya. Semoga laporan Tugas Akhir ini bermanfaat.

Surabaya, 28 Mei 2018

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	ii
TITLE PAGE.....	.iii
LEMBAR PENGESAHAN	iv
ABSTRAK.....	.v
ABSTRACT .....	.vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI .....	.ix
DAFTAR GAMBAR .....	.xi
DAFTAR TABEL .....	.xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	.xiii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat Masalah	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Peta Kendali	5
2.1.1 Peta Kendali <i>Generalized Variance</i>	6
2.1.2 Peta Kendali <i>T² Hotelling</i>	7
2.2 Indeks Kapabilitas Proses	10
2.3 Analisis Multivariat.....	11
2.3.1 Uji Depenedensi Variabel	11
2.3.2 Distribusi Normal Multivariat.....	12
2.3.3 Homogenitas Matriks Varians Kovarians	14
2.3.4 <i>Multivariate Analysis of Variance</i> (MANOVA).....	14
2.4 Diagram Sebab-Akibat.....	17
2.5 PT. X	18
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Variabel Penelitian.....	.21
3.2 Teknik Pengumpulan Data.....	.21

3.3 Langkah Analisis	22
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN	
4.1 Karakteristik Kualitas Produk Rokok W	27
4.2 Analisis Kapabilitas Proses Fase I.....	29
4.2.1 Pengujian dan Pemeriksaan Asumsi Peta Kendali Multivariat Produksi Rokok W..	29
4.2.2 Analisis Kapabilitas Proses Produksi Rokok W Fase I.....	31
4.2.3 Indeks Kapabilitas Proses Fase I	35
4.3 Analisis Kapabilitas Proses Fase II	35
4.3.1 Pengujian dan Pemeriksaan Asumsi Peta Kendali Multivariat Produksi Rokok W Fase II.....	36
4.3.2 Analisis Perbedaan Fase I dan II.....	38
4.3.3 Analisis Kapabilitas Proses Produksi Rokok W Fase II	39
4.3.4 Kapabilitas Proses Fase II.....	41
4.4 Faktor-Faktor Penyebab <i>Out Of Control</i>	42
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	45
5.2 Saran.....	45
DAFTAR PUSTAKA	47
LAMPIRAN	49
BIODATA PENULIS	66

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Diagram Ishikawa	17
Gambar 2.2 Peta Proses Rokok W.....	19
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	24
Gambar 4.1 <i>Chi-Square Plot</i> Data pada Fase I.....	31
Gambar 4.2 Peta Kendali <i>Generalized Variance</i> Fase I	32
Gambar 4.3 Peta Kendali <i>Generalized Variance</i> Fase I Perbaikan ke-1	33
Gambar 4.4 Peta Kendali T^2 Hotelling Fase I.....	34
Gambar 4.5 Peta Kendali T^2 Hotelling Fase I Perbaikan ke-1	34
Gambar 4.6 <i>Chi-Square Plot</i> Data pada Fase II	37
Gambar 4.7 Peta Kendali <i>Generalized Variance Fase II</i>	40
Gambar 4.8 Peta Kendali T^2 Hotelling Fase I (a) Fase II (b)	41
Gambar 4.9 Faktor-Faktor Penyebab <i>Out Of Control</i>	42

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Struktur Data Peta Kendali T^2 <i>Hotteling</i>	9
Tabel 2.2 MANOVA	15
Tabel 2.3 Distribusi <i>Wilks' Lambda</i>	16
Tabel 3.2 Struktur Data Penelitian.....	22
Tabel 4.1 Karakteristik Kualitas Rokok W	27

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Data Proses Produksi Rokok W Bulan Januari 2018.....	49
Lampiran 1(a) Data Proses Produksi Rokok W Bulan Januari 2018 Menghilangkan Pengamatan Ke-4	51
Lampiran 1(b) Data Proses Produksi Rokok W Bulan Januari 2018 Menghilangkan Pengamatan Ke-8	53
Lampiran 2 Data Proses Produksi Rokok W Bulan Februari 2018	55
Lampiran 3 <i>Output</i> Dependensi Variabel Fase I	56
Lampiran 4 <i>Output</i> Dependensi Variabel Fase II	57
Lampiran 5 Program <i>Syntax</i> Pemeriksaan Distribusi Normal Multivariat.....	58
Lampiran 6 <i>Output</i> Pemeriksaan Distribusi Normal Multivariat Fase I.....	59
Lampiran 7 <i>Output</i> Pemeriksaan Distribusi Normal Multivariat Fase II.....	60
Lampiran 8 <i>Output</i> Statistik Uji <i>Generalized Variance</i> Fase I.....	61
Lampiran 9 <i>Output</i> Statistik Uji <i>Generalized Variance</i> Fase I Perbaikan ke-1	62
Lampiran 10 <i>Output</i> Statistik Uji T^2 Hotelling Fase I	63
Lampiran 11 <i>Output</i> Uji T^2 Hotelling Fase I Perbaikan ke-1.....	64
Lampiran 12 <i>Output</i> Uji Homogenitas	65
Lampiran 13 <i>Output</i> Uji <i>Behrens-Fisher</i>	66
Lampiran 14 <i>Output</i> Statistik Uji <i>Generalized Variance</i> Fase II.....	67
Lampiran 15 <i>Output</i> Statistik T^2 Hotelling Fase II	68
Lampiran 16 Indeks Kapabilitas Proses Fase I.....	69
Lampiran 17 Indeks Kapabilitas Proses Fase II	70

Lampiran 18 Surat Keterangan	71
Lampiran 19 Surat Pernyataan Keaslian Data	72

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada era globalisasi ini perkembangan sektor industri sangatlah pesat, sehingga menyebabkan munculnya perusahaan yang berskala besar, berskala menengah maupun yang berskala kecil. Persaingan antar perusahaan untuk memikat perhatian konsumen menuntut perusahaan mampu menciptakan produk yang dapat bertahan di pasaran. Mengingat permintaan pasar yang fluktuatif atau tidak pasti mengharuskan perusahaan memperhatikan manajemen yang profesional untuk menghadapi dan mengatasi perubahan yang potensial dalam dunia usaha. Kemampuan perusahaan menghasilkan produk dengan kualitas yang tinggi merupakan salah satu cara agar dapat bersaing di pasaran. Suatu perusahaan dapat bertahan dipasar jika kualitas produk yang dihasilkan dapat memenuhi kepuasan konsumen. Apabila kualitas produk yang dihasilkan tidak baik maka dapat mencerminkan kualitas dan kinerja perusahaan sehingga seiring dengan berjalannya waktu akan ditinggalkan oleh konsumennya. Jika suatu perusahaan telah ditinggalkan oleh konsumennya maka dapat dikatakan bahwa perusahaan tersebut kalah bersaing dengan perusahaan sejenisnya sehingga kemungkinan terburuk akan menutup usahanya, oleh karena itu diperlukan kualitas produk yang optimal pada suatu perusahaan untuk mengatasi tingkat persaingan yang tinggi.

PT. X merupakan salah satu produsen rokok terbesar yang didirikan pada tahun 1962 yang menghasilkan lebih dari dua miliar sigaret kretek tangan, sigaret kretek mesin dan cerutu. Produk yang dihasilkan sangatlah beragam diantaranya rokok W yang merupakan rokok kretek filter premium terbuat dari campuran tembakau dan cengkeh terbaik untuk menciptakan cita rasa kretek yang sempurna. Pengendalian kualitas diperlukan untuk menjaga kualitas dan mutu produknya, karena jika suatu proses produksi tidak dikendalikan maka dapat menimbulkan masalah yang salah

satunya dapat menyebabkan produk cacat atau keluar dari batas spesifikasi.

Pengendalian kualitas merupakan suatu usaha yang dilakukan untuk mempertahankan kualitas dari produk atau barang yang dihasilkan agar sesuai dengan spesifikasi produk yang telah ditetapkan perusahaan. Pengendalian kualitas akan dilakukan di PT. X adalah pada produk rokok W. Pada PT. X terdapat tiga jenis inspeksi yaitu uji fisik, uji kimia dan uji organoleptik. Inspeksi secara fisik dilakukan dengan melihat jumlah produk cacat, inspeksi kimia dilakukan dengan melihat kandungan zat kimia pada rokok, sedangkan inspeksi organoleptik dilakukan dengan indera manusia. Uji kandungan kimia dilakukan harus memasuki standar perusahaan sesuai dengan peraturan pemerintah. Kandungan kimia yang terdapat pada rokok dapat mempengaruhi cita rasa dan aroma sehingga dapat mempengaruhi konsumen untuk mengkonsumsinya. Pengendalian kualitas dilakukan di bagian inspeksi kimia pada rokok W dengan karakteristik antara lain *reducing sugar*, kandungan air, kandungan tar, dan kandungan nikotin yang secara teori dimungkinkan saling berkaitan satu sama lain.

Penelitian tentang pengendalian kualitas pada proses produksi rokok pernah dilakukan oleh Mawardi (2016) diperoleh hasil bahwa penyebab terjadinya proses produksi diluar batas kendali disebabkan karena bahan baku yang digunakan keluar dari spesifikasi, operator sering berganti, suhu ruangan terlalu dingin, luas ruangan terlalu sempit, pengawasan sistem operator kurang, dan mesin yang digunakan cukup tua sehingga sering mengalami gagal operasi. Penelitian lain juga dilakukan oleh Rakhmania (2006) diperoleh hasil bahwa variabel mluntir atau deteng, besar kepala, korep, dan besar pen mempengaruhi penyebab sinyal *out-of-control*.

1.2 Rumusan Masalah

Rokok W merupakan salah satu produk keunggulan rokok di PT. X. Kandungan kimia pada rokok harus memenuhi standar

perusahaan sesuai dengan peraturan pemerintah. Kandungan kimia pada rokok yaitu kandungan nikotin, kandungan tar, *reducing sugar* dan kandungan air. Kandungan kimia yang terdapat pada rokok dapat mempengaruhi cita rasa dan aroma rokok sehingga dapat mempengaruhi konsumen untuk mengkonsumsinya. Hasil pengujian kimia dari kualitas rokok dikumpulkan menggunakan alat *check sheet* dan setelah itu hanya dilakukan analisis statistika deskriptif, oleh karena itu perusahaan perlu melakukan analisis indeks kapabilitas proses kandungan zat kimia yang terdapat pada rokok untuk mendapatkan kesimpulan apakah proses produksi sudah kapabel dan mampu memenuhi keinginan keinginan pelanggan atau belum.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian berdasarkan rumusan masalah yang telah dijelaskan adalah sebagai berikut.

1. Menganalisis kapabilitas proses produksi rokok W di PT. X
2. Mengetahui faktor-faktor yang menyebabkan proses produksi rokok W keluar dari batas spesifikasi

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi perusahaan sebagai berikut.

1. Memberikan informasi terhadap kapabilitas proses apakah sudah kapabel atau belum, maka ketika kemampuan proses tidak kapabel perusahaan dapat meningkatkan kualitas produk dan apabila sudah kapabel perusahaan dapat mempertahankan kualitas produknya.
2. Memberikan informasi penyebab terjadinya ketidaksesuaian sehingga dapat melakukan perbaikan berkesinambungan berdasarkan akar penyebab.

1.5 Batasan Masalah

Karakteristik kualitas pada produksi rokok W antara lain berat rokok, diameter rokok, *pressure drop*, *cigarette packing density*,

reducing sugar, kandungan tar, kandungan air dan kandungan nikotin. Penelitian dibatasi hanya menggunakan karakteristik kualitas kandungan kimia yang terdapat pada rokok yaitu *reducing sugar*, kandungan tar, kandungan nikotin, dan kandungan air yang diproduksi bulan Januari sampai Februari 2018.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Kapabilitas proses merupakan kemampuan suatu proses untuk menghasilkan suatu produk yang sesuai dengan kebutuhan konsumen atau spesifikasi yang diharapkan. Proses dikatakan kapabel apabila proses telah terkendali secara statistik dan nilai presisi tinggi, yang diukur berdasarkan indeks kapabilitas proses.

Proses telah terkendali secara statistik dapat diketahui melalui peta kendali. Dalam penelitian ini peta kendali yang digunakan adalah peta kendali multivariat yaitu *generalized varians* dan T^2 Hotelling. Asumsi peta kendali multivariat adalah data berdistribusi normal multivariat dan antar karakteristik kualitas saling berhubungan.

Metode yang digunakan untuk mengetahui perbedaan fase I dan fase II adalah MANOVA. Bab ini menjelaskan prinsip metode-metode tersebut yang digunakan dalam penelitian.

2.1 Peta Kendali

Peta Kendali merupakan salah satu metode statistik dalam bentuk tampilan grafis dari proses produksi yang telah diukur atau dihitung pada periode tertentu dengan dibatasi oleh Batas Kendali Atas (BKA) dan Batas Kendali Bawah (BKB). Jika terdapat pengamatan yang berada di luar batas kendali maka proses produksi dikatakan tidak terkendali secara statistik. Pengamatan yang keluar dari batas kendali disebabkan oleh *assignable causes* dan *random causes*. *Assignable causes* adalah kejadian-kejadian di luar sistem yang mempengaruhi variasi dalam sistem bersumber dari manusia, material, lingkungan, metode kerja, mesin. *Random causes* adalah faktor-faktor didalam sistem atau yang melekat pada proses yang menyebabkan timbulnya variasi dalam sistem serta hasil-hasilnya, untuk menghilangkannya harus menelusuri elemen-elemen dalam sistem itu dan hanya pihak manajemen yang dapat memperbaikinya, karena pihak manajemen yang mengendalikan sistem itu. Suatu proses dikatakan telah terkendali apabila

pengamatan berada didalam batas kendali dan data acak. Jika terdapat pengamatan yang berada diluar batas kendali sekitar 0,27% dan disebabkan oleh random causes maka proses dapat dikatakan telah terkendali.

Peta kendali dibedakan menjadi dua yaitu peta kendali atribut dan peta kendali variabel. Peta kendali atribut digunakan untuk mengendalikan proses dengan menggunakan data atribut seperti jumlah unit yang gagal produksi (*reject*), jumlah ketidakhadiran karyawan, jumlah komponen yang *defective* dan lain sebagainya. Peta kendali variabel digunakan untuk mengendalikan proses dengan data variabel. Peta kendali atribut terdiri dari peta p, peta np, peta c, dan peta u. Peta kendali variabel ada bermacam-macam, apabila karakteristiknya hanya satu maka menggunakan peta $\bar{x} - R$, peta $\bar{x} - S$, dan peta individu, tetapi jika karakteristik kualitas lebih dari satu dan antar karakteristik saling berhubungan maka digunakan peta kendali T^2 Hotelling dan *Generalized Variance* (Montgomery, 2013).

2.1.1 Peta Kendali *Generalized Varians*

Suatu produk jika karakteristik kualitas lebih dari satu variabel dimana antar karakteristik kualitas tersebut saling dependen maka peta kendali yang digunakan adalah peta kendali multivariat. Terdapat dua jenis peta kendali yang digunakan untuk mengontrol kualitas dimana karaktersik kualitasnya multivariat yaitu pertama mengontrol varians proses dan kedua mengontrol *mean* proses. Varians proses digambarkan dari matriks varians kovarians Σ berukuran $p \times p$ dimana elemen diagonal utama adalah varians dan elemen yang lain adalah kovarians. Metode yang digunakan untuk mengontrol variabilitas proses adalah peta kendali *generalized varians* $|S|$ dimana determinan dari sampel varians kovarians matriks secara luas digunakan untuk mengukur penyebaran multivariat (Montgomery, 2013). Aproksimasi asimtotik normal digunakan untuk mengembangkan diagram

kontrol untuk $|\mathbf{S}|$, sehingga dalam menakisir *mean* dan varians dari $|\mathbf{S}|$ adalah sebagai berikut.

$$E(|\mathbf{S}|) = b_1 |\mathbf{\Sigma}| \quad \text{dan} \quad (2.1)$$

$$V(|\mathbf{S}|) = b_2 |\mathbf{\Sigma}|^2 \quad \text{dimana} \quad (2.2)$$

$$b_1 = \frac{1}{(n-1)^p} \prod_{i=1}^p (n-i) \quad \text{dan} \quad (2.3)$$

$$b_2 = \frac{1}{(n-1)^{2p}} \prod_{i=1}^p (n-i) \left[\prod_{i=1}^p (n-i+2) - \prod_{i=1}^p (n-i) \right] \quad (2.4)$$

Sehingga batas kendali diagram kontrol untuk $|\mathbf{S}|$ adalah

$$BKA = \frac{|\mathbf{S}|}{b_1} \left(b_1 + 3b_2^{1/2} \right) \quad (2.5)$$

$$\text{Garis Tengah} = b_1 \frac{|\mathbf{S}|}{b_1} \quad (2.6)$$

$$BKB = \frac{|\mathbf{S}|}{b_1} \left(b_1 - 3b_2^{1/2} \right) \quad (2.7)$$

2.1.2 Peta Kendali T^2 Hotelling

Peta kendali T^2 Hotelling adalah suatu diagram yang digunakan untuk mengetahui apakah *mean* proses produksi terkendali secara statistik atau tidak dimana terdapat dua atau lebih karakteristik kualitas yang saling berhubungan. Karakteristik kualitasnya terdiri dari p variabel, yaitu X_1, X_2, \dots, X_p . Diagram kontrol T^2 Hotelling mempunyai subgrup berukuran m , dimana ukuran tiap-tiap subgrup adalah n dan p adalah jumlah karakteristik kualitas yang diamati pada tiap-tiap sampel. Nilai S menjadi matriks kovarians. Struktur data pada analisis diagram kontrol T^2

hotelling (Montgomery, 2013). Untuk mencari rata-rata sampel dan varians ditunjukkan pada persamaan (2.8) dan persamaan (2.9).

$$\bar{x}_{jk} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{ijk} \quad (2.8)$$

$$s^2_{jk} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_{ijk} - \bar{x}_{jk})^2 \quad (2.9)$$

x_{ijk} adalah sampel ke- i pada karakteristik kualitas ke- j dan pada subgrup ke- k . Kovarians diantara karakteristik kualitas ke- j dan karakteristik kualitas ke- p ($p=1,2,\dots,h$) pada subgrup ke- k dimana $j \neq p$ ditunjukkan pada persamaan (2.10).

$$s_{jpk} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_{ijk} - \bar{x}_{jk})(x_{ipk} - \bar{x}_{pk}) \quad (2.10)$$

Matriks kovarians yang dilambangkan dengan S ditunjukkan pada persamaan (2.11).

$$\mathbf{S} = \begin{bmatrix} \bar{s}_1^2 & \bar{s}_{12} & \bar{s}_{13} & \cdots & \bar{s}_{1p} \\ & \bar{s}_2^2 & \bar{s}_{23} & \cdots & \bar{s}_{2p} \\ & & \bar{s}_3^2 & \cdots & \bar{s}_{3p} \\ & & & \ddots & \vdots \\ & & & & \bar{s}_p^2 \end{bmatrix} \quad (2.11)$$

Nilai diagram kontrol T^2 *Hotelling* dapat dihitung melalui persamaan (2.12) dengan struktur data peta kendali T^2 *Hotelling* ditunjukkan pada Tabel 2.1

$$T^2 = n(\bar{x}_{\cdot jk} - \bar{\bar{x}}_{\cdot j.})' \mathbf{S}^{-1}(\bar{x}_{\cdot jk} - \bar{\bar{x}}_{\cdot j.}) \quad (2.12)$$

Tabel 2.1 Struktur Data Peta Kendali T^2 Hotelling

Subgrup (k)	Sampel tiap subgrup (i)	Karakteristik Kualitas (j)				
		x_I	...	x_j	...	x_p
1	1	x_{111}	...	x_{1j1}	...	x_{1p1}
	⋮	⋮	...	⋮	...	⋮
	i	x_{i11}	...	x_{ij1}	...	x_{ip1}
	⋮	⋮	...	⋮	...	⋮
	n	x_{n11}	...	x_{nj1}	...	x_{np1}
	\bar{x}	$\bar{x}_{.11}$	...	$\bar{x}_{.j1}$	...	$\bar{x}_{.p1}$
	s^2	$s_{.11}^2$	...	$s_{.j1}^2$	...	$s_{.p1}^2$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
k	1	x_{11k}	...	x_{1jk}	...	x_{1pk}
	⋮	⋮	...	⋮	...	⋮
	i	x_{i1k}	...	x_{ijk}	...	x_{ipk}
	⋮	⋮	...	⋮	...	⋮
	n	x_{n1k}	...	x_{njk}	...	x_{npk}
	\bar{x}	$\bar{x}_{.1k}$	...	$\bar{x}_{.jk}$	...	$\bar{x}_{.pk}$
	s^2	$s_{.1k}^2$	...	$s_{.jk}^2$	...	$s_{.pk}^2$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
m	1	x_{11m}	...	x_{1jm}	...	x_{1pm}
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	i	x_{i1m}	...	x_{ijm}	...	x_{ipm}
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	n	x_{n1m}	...	x_{njm}	...	x_{npm}
	\bar{x}	$\bar{x}_{.1m}$	...	$\bar{x}_{.jm}$	...	$\bar{x}_{.pm}$
	s^2	$s_{.1m}^2$	...	$s_{.jm}^2$	...	$s_{.pm}^2$
Rata-rata Keseluruhan		$\bar{\bar{x}}_{.1.}$	...	$\bar{\bar{x}}_{.j.}$	...	$\bar{\bar{x}}_{.p.}$
Varians Keseluruhan		$s_{.1.}^2$	...	$s_{.j.}^2$	...	$s_{.p.}^2$

Terdapat dua tahap yang berbeda pada penggunaan peta kendali T^2 Hotelling yaitu tahap I dan II, dimana tujuan utama pada tahap I adalah untuk mendapatkan pengamatan yang berada dalam batas kendali, sehingga batas kendali dapat digunakan untuk tahap II yang merupakan pengontrolan produksi di masa depan. Batas kendali pada tahap I dapat dihitung sesuai dengan persamaan (2.13).

$$BKA = \frac{p(m-1)(n-1)}{mn-m-p+1} F_{\alpha, p, mn-m-p+1} \quad (2.13)$$

$$BKB = 0$$

Batas kendali peta T^2 Hotelling pada tahap II berdasarkan tahap I ditunjukan pada persamaan (2.14).

$$BKA = \frac{p(m+1)(n-1)}{mn-m-p+1} F_{\alpha, p, mn-m-p+1} \quad (2.14)$$

$$BKB = 0$$

Nilai $F_{\alpha, p; mn-m-p+1}$ merupakan nilai yang didapatkan dari tabel distribusi F dengan α ditetapkan oleh peneliti dan derajat bebas $p, mn-m-p+1$.

2.2 Indeks Kapabilitas Proses

Analisis kapabilitas proses merupakan teknik statistik yang bertujuan untuk menaksir kemampuan yang merupakan bagian penting dalam peningkatan kualitas. Apabila peta kendali telah terkendali dan asumsi telah terpenuhi, maka analisis kapabilitas proses dapat dilakukan dengan menentukan indeks kapabilitas proses (Kotz & Johnson, 1993). Indeks kapabilitas proses dilihat dari nilai C_p yang diperoleh dengan keterangan sebagai berikut.

- Jika $C_p = 1$ maka proses dalam keadaan cukup baik
- Jika $C_p > 1$ maka proses dalam keadaan baik (presisi baik)
- Jika $C_p < 1$ maka sebaran data pengamatan berada diluar batas spesifikasi

Nilai dari indeks kapabilitas proses (C_p) secara multivariat dapat diperoleh dari Persamaan (2.15).

$$C_p = \frac{\mathbf{K}}{\chi^2_{\alpha,p}} \left[\frac{(m-1)p}{V} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2.15)$$

$$V = \sum_{i=1}^m (\mathbf{x}_j - \bar{\mathbf{x}})' \mathbf{A}^{-1} (\mathbf{x}_j - \bar{\mathbf{x}}) \quad (2.16)$$

$$\mathbf{A}^{-1} = (\mathbf{x}_{ij} \mathbf{x}_{ij})^{-1} \quad (2.17)$$

$$\mathbf{K}^2 = (\bar{x}_{ij} - \xi_j)' \mathbf{S}^{-1} (\bar{x}_{ij} - \xi_j) \quad (2.18)$$

$$\xi = \frac{1}{2} (BSA + BSB) \quad (2.19)$$

2.3 Analisis Multivariat

Analisis multivariat merupakan analisis statistika yang memiliki 2 atau lebih variabel dan antar variabel saling berhubungan. Peta kendali multivariat memiliki asumsi variabel harus berhubungan atau berkorelasi dan data berdistribusi normal multivariat.

2.3.1 Uji Dependensi Variabel

Variabel $\mathbf{X}_1, \mathbf{X}_2, \dots, \mathbf{X}_p$ dikatakan bersifat saling bebas atau independen jika matriks korelasi antar variabel membentuk matriks identitas. Untuk menguji kebebasan antar variabel ini dapat dilakukan uji *Bartlett sphericity* dengan hipotesis sebagai berikut (Rencher, 2002).

Hipotesis :

$H_0 : \mathbf{R} = \mathbf{I}$ (Variabel saling independen)

$H_1 : \mathbf{R} \neq \mathbf{I}$ (Variabel saling dependen)

Taraf signifikan = α

$$\text{Statistik uji } (\chi^2_{hitung}) = - \left[n - 1 - \frac{2p + 5}{6} \right] \ln |\mathbf{R}| \quad (2.20)$$

Jika digunakan taraf signifikan sebesar α maka H_0 ditolak apabila $\chi^2_{hitung} \leq \chi^2_{\left(\alpha, \frac{1}{2}p(p-1)\right)}$ atau $P\text{-value} < \alpha = 0,05$

\mathbf{R} adalah matriks korelasi antar variabel yang dinyatakan sebagai berikut.

$$\mathbf{R} = \begin{bmatrix} 1 & r_{12} & \cdots & r_{1p} \\ r_{21} & 1 & \cdots & r_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{p1} & r_{p2} & \cdots & 1 \end{bmatrix}$$

$$r_{jk} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p (X_{ijk} - \bar{X}_k)(X_{ijl} - \bar{X}_l)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p (X_{ijk} - \bar{X}_k)^2 (X_{ijl} - \bar{X}_l)^2}} \quad (2.21)$$

r_{jk} merupakan nilai korelasi antara variabel dan x_{ijk} adalah nilai pengamatan karakteristik kualitas ke- j ($j=1,2,\dots,p$) dan sampel karakteristik kualitas ke- i ($i=1,2,\dots,n$), sub grub ke- k .

2.3.2 Pengujian Distribusi Normal Multivariat

Distribusi normal multivariat merupakan pengembangan dari distribusi normal univariat dengan jumlah variabel lebih dari satu. Distribusi ini digunakan pada sekelompok data yang variabelnya saling dependen atau berhubungan (Johnson & Wichern, 2007). Suatu pengamatan $\mathbf{X}_1, \mathbf{X}_2, \dots, \mathbf{X}_p$ mempunyai distribusi normal multivariat dengan fungsi densitas/kepadatan peluang sebagai berikut.

$$f(x) = \frac{1}{(2\pi)^{p/2} |\Sigma|^{1/2}} e^{-\frac{1}{2}(\mathbf{x}-\boldsymbol{\mu})' \Sigma^{-1}(\mathbf{x}-\boldsymbol{\mu})} \quad (2.22)$$

$$-\infty < \mathbf{x}_j < \infty, j = 1, 2, \dots, p$$

Terdapat dua cara untuk melakukan pemeriksaan distribusi normal multivariat. Cara pertama yaitu dengan pemeriksaan *Chi-Square plot*. Cara kedua yaitu dengan pemeriksaan proporsi dari $\mathbf{d}_{jk}^2 \leq \chi^2_{(p,\alpha)}$, apabila proporsi $\mathbf{d}_{jk}^2 \leq \chi^2_{(p,\alpha)}$ mendekati atau berada disekitar 50% maka sebaran data mengikuti distribusi normal multivariat, dengan cara memperoleh nilai \mathbf{d}_{jk}^2 sesuai dengan persamaan (2.23).

1. Pemeriksaan *Chi-Square Plot*

- a. Menghitung nilai \mathbf{d}_{jk}^2 dimana

$$\mathbf{d}_{jk}^2 = (\mathbf{X}_{ijk} - \bar{\mathbf{X}}_j)' \mathbf{S}^{-1} (\mathbf{X}_{ijk} - \bar{\mathbf{X}}_j) \quad i=1,2,\dots,n \quad (2.23)$$

Nilai \mathbf{S} merupakan matriks varians kovarians yang dapat dihitung sesuai dengan persamaan (2.10) dengan \mathbf{X}_{ij} adalah vektor pengamatan ke-i pada variabel ke-j

- b. Mengurutkan nilai \mathbf{d}_{jk}^2 dari terkecil hingga terbesar
- c. Menentukan nilai $\mathbf{q} = \chi^2_{(p,(n-j+0,5)/n)}$, $i=1,2,\dots,n$
- d. Membuat *Chi-Square plot* antara \mathbf{d}_{jk}^2 dan \mathbf{q} sehingga dikatakan berdistribusi normal multivariat jika \mathbf{d}_{jk}^2 mendekati garis linier.

2. Pemeriksaan Proporsi

Pemeriksaan proporsi untuk mengetahui apakah vektor \mathbf{X} berdistribusi normal multivariat dengan cara melihat nilai $\mathbf{d}_{jk}^2 \leq \chi^2_{(p,\alpha)}$. Jika mendekati 50% maka sebaran data telah mengikuti distribusi normal multivariat.

2.3.3 Homogenitas Matriks Varians Kovarians

Homogenitas berarti bahwa varians dari eror bersifat konstan atau disebut juga identik. Pada uji homogenitas matriks varians kovarians digunakan untuk melihat homogenitas antar variabel. Uji homogenitas dapat menggunakan uji *Box's-M*. Pengujian menggunakan *Box's-M* merupakan pengujian homogenitas secara multivariat dengan hipotesis sebagai berikut (Johnson dan Whincern, 2007).

$$H_0 : \Sigma_1 = \Sigma_2 = \dots = \Sigma_g$$

$$H_1 : \text{minimal ada satu } \Sigma_i \neq \Sigma_g, \text{ dimana } i=1,2,\dots,g$$

$$\text{Statistik Uji } (C) = (1-u)M \quad (2.26)$$

Dimana :

$$u = \left[\sum_{k=1}^m \frac{1}{(n_k - 1)} - \frac{1}{\sum_{k=1}^m (n_k - 1)} \right] \left[\frac{2p^2 + 3p - 1}{6(p+1)(g-1)} \right] \quad (2.27)$$

$$M = \left[\sum_{k=1}^m (n_k - 1) \right] \ln |S_{pooled}| - \sum_{k=1}^m \sum_{k=1}^m [(n_k - 1) \ln |S_k|] \quad (2.28)$$

$$S_{pooled} = \frac{1}{\sum_{k=1}^m (n_k - 1)} \{ (n_1 - 1)S_1 + (n_2 - 1)S_2 + \dots + (n_m - 1)S_m \} \quad (2.29)$$

Jika digunakan taraf signifikan sebesar α maka tolak H_0 apabila $C > \chi^2_{p(p+1)(g-1)/2; \alpha}$ dengan p adalah banyak variabel.

2.3.4 Multivariat Analysis of Varians (MANOVA)

Multivariat Analysis of Varians (MANOVA) adalah teknik analisis yang digunakan untuk membandingkan rata-rata dari dua populasi atau lebih dalam kasus multivariat random sampel yang diperoleh dari g populasi (Johnson & Wichern, 2007). Sebelum melakukan pengujian, terdapat beberapa asumsi yang harus dipenuhi sebagai berikut.

1. $\mathbf{X}_{\ell 1}, \mathbf{X}_{\ell 2}, \dots, \mathbf{X}_{\ell n}$ adalah sampel acak dengan ukuran n_1 dari sebuah populasi dengan rata-rata μ_1 dimana $\ell = 1, 2, \dots, g$. Sampel acak berasal dari populasi berbeda yang saling independen.
2. Mempunyai varians yang homogen
3. Setiap populasi memiliki distribusi multivariat normal.

Persamaan model MANOVA untuk vektor-vektor rata-rata g populasi ditunjukkan oleh Persamaan 2.30 sebagai berikut.

$$\mathbf{X}_{\ell j} = \mu + \boldsymbol{\tau}_1 + \mathbf{e}_{ij} \quad j = 1, 2, \dots, n_1 ; \quad i = 1, 2, \dots, g \quad (2.30)$$

Susunan tabel MANOVA dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2. MANOVA

Sumber Variasi	Derajat Bebas	Matriks Jumlah Kuadrat
Perlakuan	$g - 1$	$\mathbf{B} = \sum_{i=1}^g n_i (\bar{\mathbf{x}}_i - \bar{\mathbf{x}}_{..})(\bar{\mathbf{x}}_i - \bar{\mathbf{x}}_{..})'$
Residual	$\sum_{i=1}^g n_i - g$	$\mathbf{W} = \sum_{i=1}^g \sum_{j=1}^{n_i} (\mathbf{x}_{ij} - \bar{\mathbf{x}}_i)(\mathbf{x}_{ij} - \bar{\mathbf{x}}_i)'$
Total	$\sum_{i=1}^g n_i - 1$	$\mathbf{B} + \mathbf{W} = \sum_{i=1}^g \sum_{j=1}^{n_i} (\mathbf{x}_{ij} - \bar{\mathbf{x}}_{..})(\mathbf{x}_{ij} - \bar{\mathbf{x}}_{..})'$

Setelah menyusun tabel MANOVA, maka selanjutnya menghitung nilai *Wilks' Lambda* dan menguji hipotesis sebagai berikut.

$$H_0 : \tau_1 = \tau_2 = \dots = \tau_i = 0$$

$$H_1 : \text{minimal ada satu pasang } \tau_i \neq 0, i = 1, 2, \dots, g$$

Statistik uji yang dapat digunakan untuk membuat keputusan seperti pada persamaan (2.31).

$$\Lambda^* = \frac{|\mathbf{W}|}{|\mathbf{B} + \mathbf{W}|} \quad (2.31)$$

Jika sudah diperoleh nilai *wilks' Lambda* maka menghitung nilai F_{hitung} berdasarkan distribusi *wilks' Lambda* sebagai berikut.

Jika menggunakan taraf signifikan sebesar α maka tolak H_0 apabila $p_{\text{value}} < \alpha$ atau $F_{\text{hitung}} > F_{(\alpha; df1; df2)}$.

Tabel 2.3 Distribusi *Wilks' Lambda*

Jumlah Variabel	Jumlah Grup	Distribusi Sampling untuk MANOVA
$p = 1$	$g \geq 2$	$\left(\frac{\sum_{j=1}^g n_j - g}{g - 1} \right) \left(\frac{1 - \Lambda^*}{\Lambda^*} \right) \sim F_{g-1, \sum_{j=1}^g n_j - g}$
$p = 2$	$g \geq 2$	$\left(\frac{\sum_{j=1}^g n_j - g - 1}{g - 1} \right) \left(\frac{1 - \sqrt{\Lambda^*}}{\Lambda^*} \right) \sim F_{2(g-1), 2 \left(\sum_{j=1}^g n_j - g - 1 \right)}$
$p \geq 1$	$g = 2$	$\left(\frac{\sum_{j=1}^g n_j - p - 1}{p} \right) \left(\frac{1 - \Lambda^*}{\Lambda^*} \right) \sim F_{p, \sum_{j=1}^g n_j - p - 1}$
$p \geq 1$	$g = 3$	$\left(\frac{\sum_{j=1}^g n_j - p - 2}{p} \right) \left(\frac{1 - \sqrt{\Lambda^*}}{\Lambda^*} \right) \sim F_{2p, 2 \left(\sum_{j=1}^g n_j - p - 2 \right)}$

Asumsi homogenitas varians kovarians yang tidak terpenuhi maka analisis perbedaan *treatment* dapat dilakukan dengan menggunakan uji *Behrens-Fisher* pada persamaan (2.32) dengan hipotesis sebagai berikut.

$$H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0$$

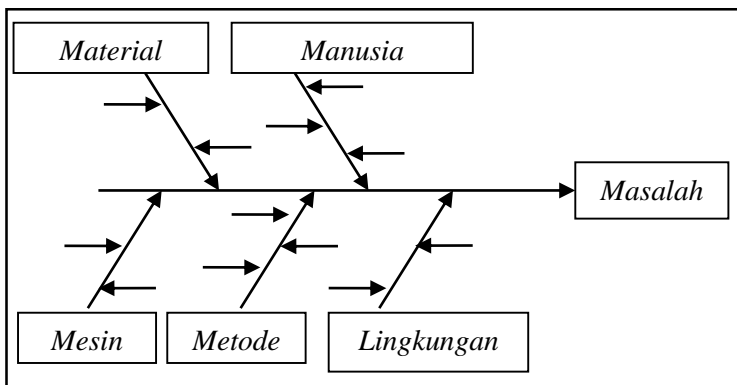
$$H_1 : \text{minimal ada satu pasang } \mu_i \neq 0, i = 1, 2, \dots, g$$

$$\text{Statistik uji } (T^2) = [\bar{\mathbf{x}}_1 - \bar{\mathbf{x}}_2] \left[\frac{1}{n_1} \mathbf{S}_1 + \frac{1}{n_2} \mathbf{S}_2 \right]^{-1} [\bar{\mathbf{x}}_1 - \bar{\mathbf{x}}_2] \quad (2.32)$$

Jika digunakan taraf signifikan sebesar α maka tolak H_0 apabila $\mathbf{T}^2 > \chi^2_{(\alpha, p)}$.

2.4 Diagram Sebab-Akibat

Diagram sebab akibat disebut juga dengan diagram tulang ikan karena bentuknya yang menyerupai tulang ikan dan biasa juga disebut dengan diagram *ishikawa*. Diagram sebab akibat menjadi satu *tool* yang sangat populer dan dipakai di seluruh penjuru dunia dalam mengidentifikasi faktor penyebab problem/masalah karena menggambarkan hubungan antara masalah atau akibat dengan faktor-faktor yang menjadi penyebab seperti material, manusia, mesin, metode dan lingkungan sehingga lebih mudah dalam penanganannya karena dapat melukiskan dengan jelas penyebab ketidaksesuaian dalam suatu produk (Heizer, 2015). Diagram Ishikawa terdapat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Diagram *Ishikawa*

2.5 PT. X

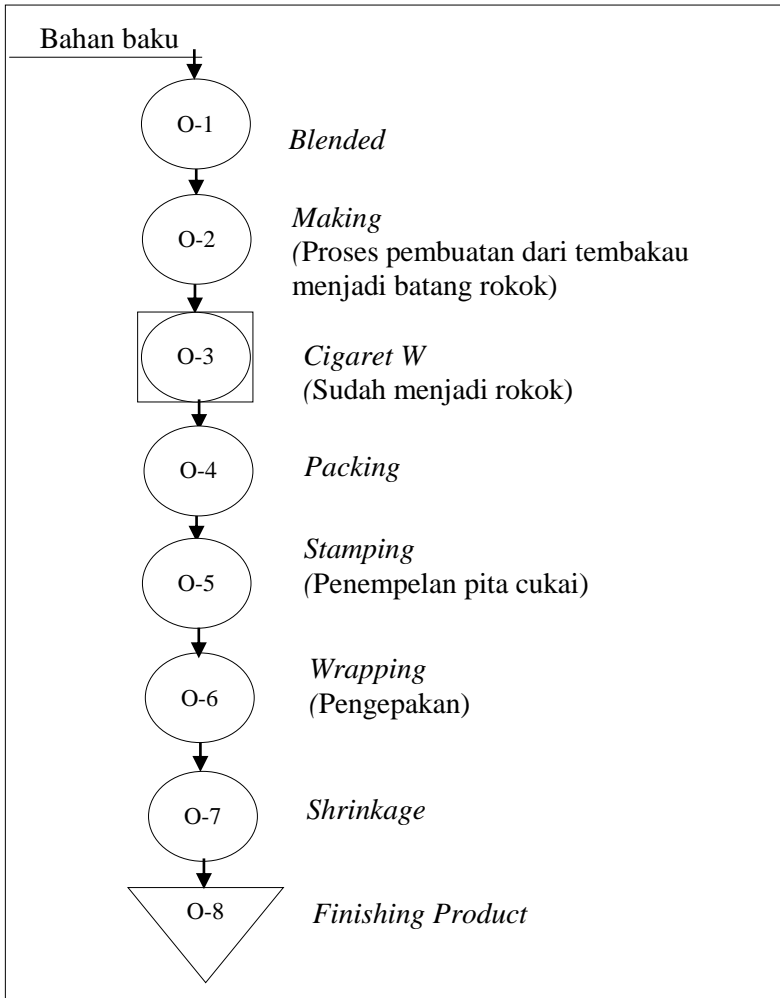
PT. X mulai dirilis pada bulan September 1962 pada awalnya letak pabrik berada di sebuah rumah di jalan Petemon Barat, Surabaya dengan luas 150 meter persegi. Jumlah karyawan yang berkerja pada saat itu sebanyak 10 orang. Pada saat yang bersamaan ruang makan rumah difungsikan sebagai laboratorium tempat bereksperimen menemukan formula yang khas. Jumlah

karyawan yang bekerja di pabrik Surabaya dan Bojonegoro adalah ribuan karyawan.

Produk pertama PT. X adalah Sigaret Kretek Tangan (SKT) yang diproduksi mulai bulan September tahun 1962. Pada saat ini dalam perkembangannya produk-produk berkualitas terlahir dari PT. X salah satunya rokok W. Proses produksi yang berlangsung pada rokok W adalah sebagai berikut.

- a. *Blended* merupakan campuran dari berbagai macam jenis tembakau, cengkeh, *flavor* dengan komposisi yang sudah distandarkan oleh perusahaan sehingga diperoleh cita rasa rokok W yang diinginkan.
- b. *Making W* merupakan proses pembuatan *finished good* rokok yang berasal dari *blended* pada mesin *loga* dengan kecepatan mesin 4500rod/menit
- c. *Cigaret W* merupakan rokok yang telah jadi melalui proses *blended* dan *making* dengan spesifikasi yang sudah ditetapkan standar dari perusahaan
- d. *Packing* merupakan proses pengepakan rokok dan pemasukan *aluminium foil* dengan kecepatan mesin 180pack/menit
- e. *Stamping* merupakan proses penempelan pita cukai pada setiap *pack* rokok
- f. *Wrapping* merupakan proses pembungkusan plastik rokok menggunakan plastik dengan tujuan untuk menjaga kualitas rokok
- g. *Shrinkage* merupakan proses pemanasan OPP (plastik rokok) sesuai dengan ukuran *pack* dengan temperatur 200°C agar plastik pada proses *wrapping* dapat melekat dengan baik

Langkah-langkah proses produksi rokok W di PT. X ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Peta Proses Rokok W

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah karakteristik rokok W yang dilakukan di bagian inspeksi kimia dikarenakan ingin mengetahui apakah kandungan zat kimia yang ada di rokok telah memenuhi spesifikasi yang ditentukan.

- a. Kandungan Tar (X_1) merupakan kandungan yang ada di cengkeh yang dapat menimbulkan bunyi kretek pada rokok apabila dihisap pada setiap batang rokok diukur dengan menggunakan alat QTM dengan batas spesifikasi $\pm 36,00$ mg
- b. Kandungan Nikotin (X_2) merupakan kandungan yang ada di tembakau pada setiap batang rokok, apabila kandungan nikotin tinggi dapat mengakibatkan ketagihan yang berlebihan sehingga diperlukan batas spesifikasi $\pm 1,50$ mg yang diukur dengan menggunakan alat QTM
- c. Kandungan air (X_3) merupakan kandungan air yang terdapat pada setiap batang rokok diukur dengan menggunakan alat QTM dengan batas spesifikasi $\pm 13,00$ %. Apabila kandungan air pada rokok terlalu banyak maka dapat menyebabkan tidak terjadinya bunyi kretek ketika pertama kali rokok dihisap.
- d. *Reducing Sugar* (X_4) merupakan kandungan gula yang terbuang pada setiap batang rokok diukur dengan menggunakan alat QTM dengan batas spesifikasi $\pm 9,00$ %dwb

Keempat karakteristik kualitas saling dependen karena jika kandungan air tinggi maka kandungan nikotin, kandungan tar rendah dan *reducing sugar* tinggi, begitupun sebaliknya.

3.2 Teknik Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang merupakan hasil produksi rokok W bulan Januari sampai Februari 2018 di PT. X. Pemeriksaan kualitas diambil dari tahap

produksi ketiga, lihat Gambar 2.2 dengan karakteristik kualitas kandungan tar, kandungan nikotin, kandungan air, dan *reducing sugar* pada bulan Januari sebagai fase I untuk mendapatkan observasi dalam batas kendali sehingga batas kendali dapat ditetapkan pada fase II yaitu bulan Februari apabila tidak terjadi pergeseran proses. Subgrup yang digunakan adalah unit produksi, dimana setiap hari dilakukan satu kali produksi pada shift pertama. Setiap satu kali produksi dilakukan pengambilan sampel sebanyak 10 kali yang dijadikan ukuran subgrup. Struktur data pada penelitian ini ditujukan pada Tabel 3.1 dimana i merupakan ukuran subgrup sebanyak 10, j merupakan karakteristik kualitas sebanyak 3, dan k merupakan jumlah subgrup sebanyak 43 yaitu pada bulan Januari sebanyak 23 dan Februari sebanyak 20.

Tabel 3.1 Struktur Data Penelitian

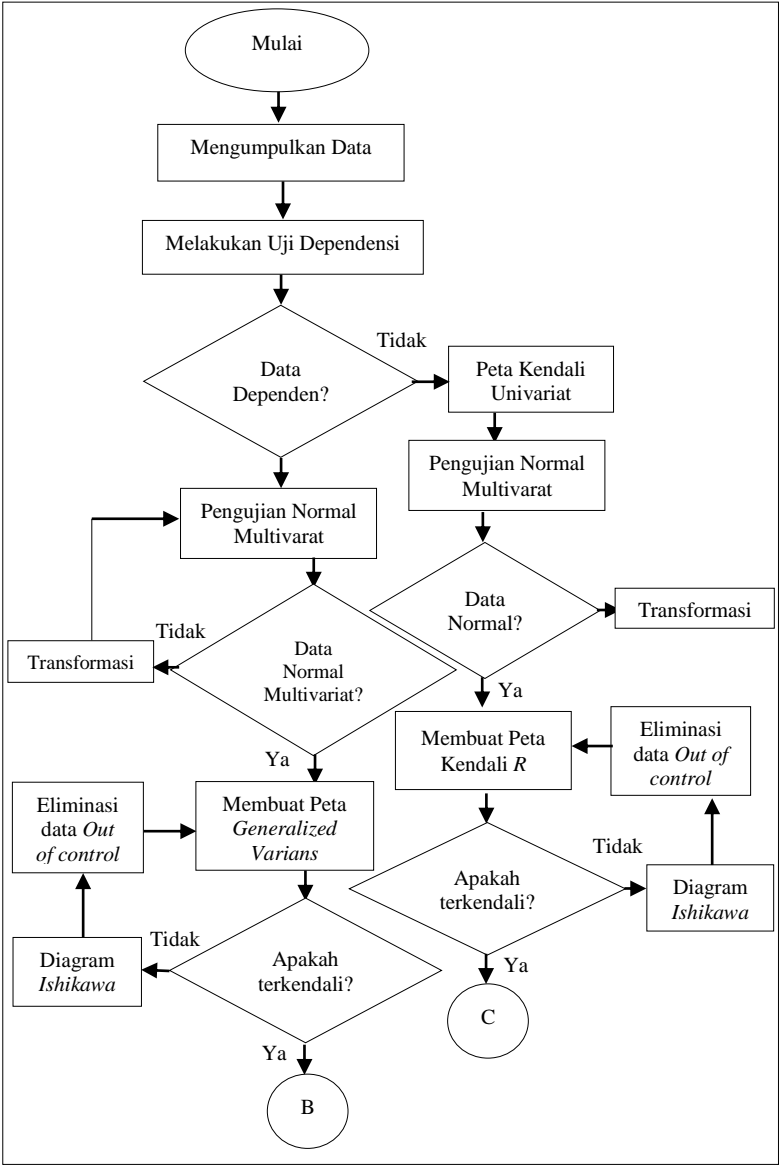
Subgrup (k)	Sampel tiap subgrup (i)	Karakteristik Kualitas (j)			
		Tar	Nikotin	Air	<i>Reducing Sugar</i>
1	1	x_{111}	x_{121}	x_{131}	x_{141}
	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
	10	x_{1011}	x_{1021}	x_{1031}	x_{1041}
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
43	1	x_{1143}	x_{1243}	x_{1343}	x_{1443}
	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
	10	x_{10143}	x_{10243}	x_{10343}	x_{10443}

3.3 Langkah Analisis

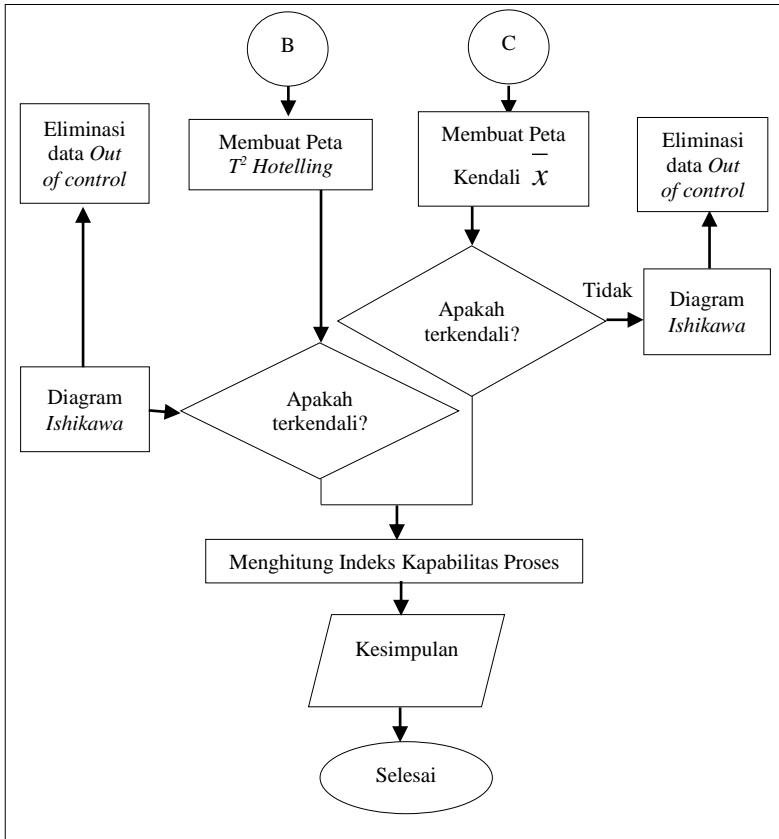
Langkah analisis yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengumpulkan data hasil pemeriksaan produk rokok W di PT. X pada periode bulan Januari 2018 sebagai fase I dan Februari 2018 sebagai fase II.

2. Melakukan pengujian asumsi dependensi terhadap variabel-variabel produksi rokok W berhubungan atau tidak pada fase I maupun fase II, jika pengujian asumsi dependensi variabel tidak memenuhi asumsi atau tidak berhubungan maka digunakan peta kendali univariat.
3. Melakukan pengujian distribusi normal multivariat untuk mengetahui apakah data dari variabel yang diamati telah mengikuti pola distribusi normal multivariat apabila belum maka perlu dilakukan transformasi.
4. Membuat peta kendali *generalized variance* untuk memonitoring variabilitas proses pada fase I
5. Membuat peta kendali T^2 Hotelling pada fase I
6. Menguji perbedaan proses pada fase I dan fase II, apabila tidak terdapat perbedaan proses maka batas kendali pada fase II memakai batas kendali fase I
7. Melakukan langkah analisis 4 dan 5 pada fase II
8. Menganalisis kapabilitas proses untuk mengetahui apakah proses produksi rokok W telah kapabel atau belum
9. Menginterpretasikan hasil analisis serta menarik kesimpulan
Secara skematik langkah analisis dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian (Lanjutan)

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik Kualitas Produksi Rokok W

Pada penelitian ini karakteristik kualitas rokok W yang digunakan adalah kandungan tar, kandungan nikotin, kandungan air, dan *reducing sugar* pada tahap produksi ketiga seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.2. Berikut adalah statistik deskriptif dari karakteristik kualitas berdasarkan data pada Lampiran 1 dan Lampiran 2.

Tabel 4.1 Karakteristik Kualitas Rokok W

Variabel	Fase	Mean	Varians	Min.	Maks.	Spesifikasi
Kandungan Tar	Fase 1	36,81	0,238	36,01	37,99	Min 35,00 Maks 37,00 Target 36,00
	Fase 2	36,83	0,262	36,03	38,00	
Kandungan Nikotin	Fase 1	1,63	0,033	1,23	2,01	Min 1,00 Maks 2,00 Target 1,50
	Fase 2	1,51	0,061	1,00	2,00	
Kandungan Air	Fase 1	13,52	0,070	13,03	14,00	Min 12,00 Maks 14,00 Target 13,00
	Fase 2	13,53	0,069	13,01	14,00	
<i>Reducing Sugar</i>	Fase 1	9,53	0,067	9,02	10,00	Min 8,00 Maks 10,00 Target 9,00
	Fase 2	9,49	0,061	9,00	9,99	

Berdasarkan Tabel 4.1 dapat diketahui bahwa rata-rata karakteristik kualitas kandungan tar pada fase 1 sebesar 36,81 dengan keragaman data sebesar 0,238. Nilai rata-rata yang diperoleh pada fase 1 kandungan tar berada didalam batas spesifikasi dan target yang ditentukan oleh perusahaan yaitu

minimum 35,00 dan maksimum 37,00 hal tersebut juga dapat dilihat dari nilai minimum dan maksimum kandungan tar yang berada dalam batas spesifikasi. Rata-rata karakteristik kualitas kandungan tar pada fase 2 sebesar 36,83 dengan keragaman data sebesar 0,262. Nilai rata-rata yang diperoleh pada fase 2 kandungan tar berada didalam batas spesifikasi dan target yang ditentukan oleh perusahaan, hal tersebut juga dapat dilihat dari nilai minimum dan maksimum kandungan tar yang berada dalam batas spesifikasi.

Rata-rata karakteristik kualitas kandungan nikotin pada fase 1 sebesar 1,63 dengan keragaman data sebesar 0,033. Nilai rata-rata yang diperoleh pada fase 1 kandungan nikotin berada didalam batas spesifikasi dan mendekati target yang ditentukan oleh perusahaan, hal tersebut juga dapat dilihat dari nilai minimum 1,00 dan maksimum 2,00 kandungan nikotin yang berada dalam batas spesifikasi. Rata-rata karakteristik kualitas kandungan nikotin pada fase 2 sebesar 1,51 dengan keragaman data sebesar 0,061. Nilai rata-rata yang diperoleh pada fase 2 kandungan nikotin berada didalam batas spesifikasi dan target yang ditentukan oleh perusahaan, hal tersebut juga dapat dilihat dari nilai minimum dan maksimum kandungan tar yang berada dalam batas spesifikasi.

Rata-rata karakteristik kualitas kandungan air pada fase 1 sebesar 13,52 dengan keragaman data sebesar 0,07. Nilai rata-rata yang diperoleh pada fase 1 kandungan air berada didalam batas spesifikasi dan mendekati target yang ditentukan oleh perusahaan, hal tersebut juga dapat dilihat dari nilai minimum 12,00 dan maksimum 14,00 kandungan air yang berada dalam batas spesifikasi. Rata-rata karakteristik kualitas kandungan air pada fase 2 sebesar 13,53 dengan keragaman data sebesar 0,069. Nilai rata-rata yang diperoleh pada fase 2 kandungan air berada didalam batas spesifikasi dan target yang ditentukan oleh perusahaan, hal tersebut juga dapat dilihat dari nilai minimum dan maksimum kandungan tar yang berada dalam batas spesifikasi.

Pada karakteristik kualitas *reducing sugar* rata-rata pada fase 1 sebesar 9,53 dengan keragaman data sebesar 0,067. Nilai

rata-rata yang diperoleh pada fase 1 *reducing sugar* berada didalam batas spesifikasi dan mendekati target yang ditentukan oleh perusahaan, hal tersebut juga dapat dilihat dari nilai minimum 8,00 dan maksimum 10,00 *reducing sugar* yang berada dalam batas spesifikasi. Rata-rata karakteristik kualitas *reducing sugar* pada fase 2 sebesar 9,49 dengan keragaman data sebesar 0,061. Nilai rata-rata yang diperoleh pada fase 2 *reducing sugar* berada didalam batas spesifikasi dan target yang ditentukan oleh perusahaan, hal tersebut juga dapat dilihat dari nilai minimum dan maksimum kandungan tar yang berada dalam batas spesifikasi.

4.2 Analisis Kapabilitas Proses Fase 1

Syarat yang harus dipenuhi dalam melakukan analisis kapabilitas proses adalah proses telah terkendali secara statistik. Menganalisis data dengan peta kendali multivariat diperlukan beberapa asumsi yang harus dipenuhi yaitu dependensi variabel dan distribusi normal multivariat pada data kandungan tar, kandungan nikotin, kandungan air dan *reducing sugar* rokok W di PT. X bulan Januari 2018 yang ditunjukkan di Lampiran 1 dengan hasil analisis sebagai berikut.

4.2.1 Pengujian dan Pemeriksaan Asumsi Peta Kendali Multivariat Produksi Rokok W

Menganalisis data dengan peta kendali multivariat diperlukan beberapa asumsi yang harus dipenuhi, antara lain dependensi variabel dan distribusi normal multivariat. Analisis proses produksi pada fase I menggunakan data proses produksi rokok pada bulan Januari 2018 yang ditunjukkan pada Lampiran 1. Berikut merupakan hasil asumsi yang harus dipenuhi.

a. Pengujian Independensi

Pengujian independensi merupakan syarat dalam analisis peta kendali multivariat terhadap karakteristik kualitas. Karakteristik kualitas pada penelitian yaitu kandungan tar, kandungan nikotin, kandungan air dan *reducing sugar*. Secara teori karakteristik tersebut adalah saling berhubungan karena jika kandungan air tinggi maka kandungan nikotin dan kandungan tar rendah, sedangkan kandungan *reducing sugar* tinggi, begitupula sebaliknya, oleh karena itu dilakukan uji independensi untuk mengetahui hubungan antar karakteristik kualitas dengan uji *Barlett's Test*.

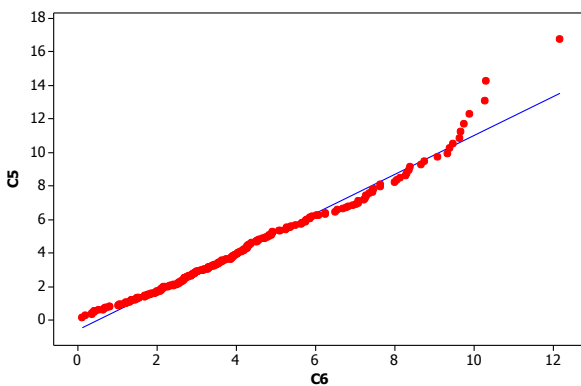
H_0 : $\mathbf{R} = \mathbf{I}$ (Hubungan antara keempat karakteristik kualitas saling independen)

H_1 : $\mathbf{R} \neq \mathbf{I}$ (Hubungan antara keempat karakteristik kualitas saling dependen)

Pengujian independensi dengan menggunakan taraf signifikan sebesar 5% dan statistik uji χ^2 pada Persamaan (2.20) data yang ditunjukkan di Lampiran 1 maka diperoleh hasil seperti pada Lampiran 3 dengan nilai χ^2 sebesar 7,198 lebih kecil dari $\chi^2_{(0,05;6)}$ sebesar 12,592, sehingga diperoleh keputusan H_0 gagal ditolak yang memberi kesimpulan bahwa hubungan karakteristik kualitas antara kandungan tar, kandungan nikotin, kandungan air dan *reducing sugar* saling independen. Hasil perhitungan secara statistik antar karakteristik kualitas adalah independen namun secara realita kandungan yang terdapat pada rokok menunjukkan bahwa antara karakteristik kualitas adalah saling dependen, maka analisis yang digunakan tetap menggunakan analisis secara multivariat.

b. Pemeriksaan Distribusi Normal Multivariat

Pemeriksaan distribusi normal multivariat dilakukan untuk mengetahui apakah hasil pengamatan yang ditujukan di Lampiran 1 telah berdistribusi normal multivariat yaitu dengan melihat nilai proporsi yang diperoleh serta *Chi-square* plot berdasarkan perhitungan pada persamaan (2.23) dan Lampiran 5.



Gambar 4.1 *Chi-Square Plot* Data pada Fase I

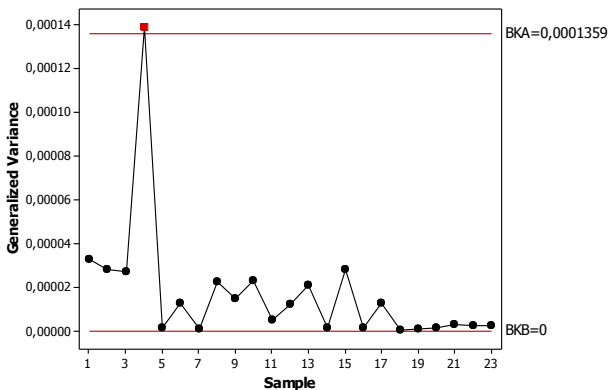
Gambar 4.1 menunjukkan bahwa secara visual plot yang terbentuk telah mengikuti distribusi normal multivariat sehingga dapat disimpulkan bahwa karakteristik kualitas proses produksi rokok pada bulan Januari 2018 telah berdistribusi normal multivariat. Proporsi nilai $\mathbf{d}_{jk}^2 \leq \chi^2$ yang ditunjukkan pada Lampiran 6 sebesar 0,469 setara dengan 47% dimana nilai tersebut mendekati 50% sehingga dapat disimpulkan bahwa pengamatan berdistribusi normal multivariat.

4.2.2 Analisis Kapabilitas Proses Produksi Rokok W Fase I

Analisis pengendalian kualitas digunakan untuk mengetahui apakah proses produksi telah terkendali secara statistik atau belum. Salah satu media secara visual untuk mengetahui proses telah terkendali atau belum adalah menggunakan peta kendali. Peta kendali yang digunakan adalah peta kendali *Generalized Varia* untuk mengukur variabilitas proses dan peta kendali T^2 Hotelling untuk mengukur *mean* proses.

a. Peta Kendali *Generalized Variance* Fase I

Peta kendali *Generalized Variance* fase I digunakan untuk mengontrol variabilitas proses pada bulan Januari 2018. Pengendalian proses pada variabilitas menggunakan data pada Lampiran 1 dengan hasil analisis sebagai berikut.

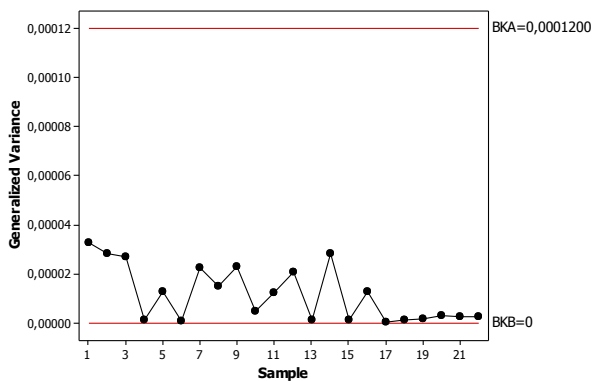


Gambar 4.2 Peta Kendali *Genelarized Variance* Fase I

Gambar 4.2 menunjukkan bahwa varians proses produksi rokok W pada bulan Januari 2018 terdapat pengamatan yang keluar dari batas kendali yaitu pada pengamatan ke 4 berdasarkan hasil yang ditunjukkan pada Lampiran 8, dimana batas kendali atas sebesar 0,00001359 dan batas kendali bawah sebesar 0. Hal ini dapat disimpulkan bahwa varians proses produksi rokok W belum terkendali secara statistik dikarenakan terjadi masalah pada mesin

blended sehingga perlu dilakukan analisis kembali dengan menghilangkan pengamatan ke-4.

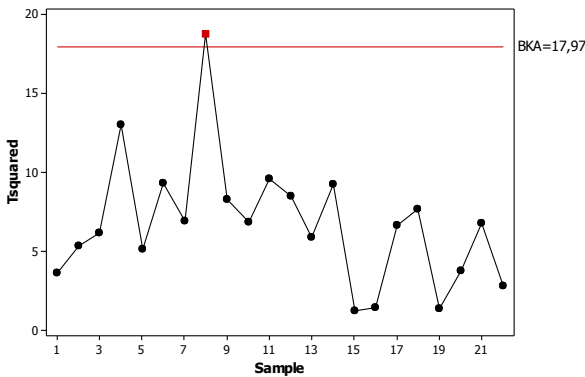
Gambar 4.3 merupakan peta kendali *Generalized Variance* setelah dilakukan perbaikan dengan menghilangkan pengamatan ke-4 berdasarkan data yang ada di Lampiran 1(a) dan hasil pada Lampiran 9. Dilihat secara visual pada gambar bahwa tidak ada pengamatan yang berada diluar batas kendali, dimana batas kendali atas sebesar 0,00012 dan batas kendali bawah sebesar 0. Hal tersebut dapat disimpulkan bahwa varians proses produksi rokok W telah terkendali secara statistik, sehingga dapat dilanjutkan pada analisis peta kendali T^2 Hotelling untuk memonitoring *mean* proses.



Gambar 4.3 Peta Kendali *Generalized Variance* Fase I Perbaikan ke-1

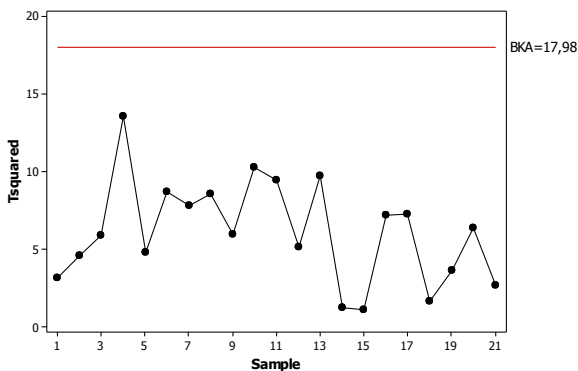
a. Peta Kendali T^2 Hotelling Fase I

Peta kendali T^2 Hotelling digunakan untuk memonitoring *mean* proses setelah melakukan pengendalian pada variabilitas proses dengan menggunakan peta kendali *Generalized Variance*. Hasil pengendalian mean proses menggunakan peta kendali T^2 Hotelling pada data Lampiran 1(a) dengan batas kendali berdasarkan Persamaan (2.12) dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Peta Kendali T^2 Hotelling Fase I

Gambar 4.4 menunjukkan bahwa *mean* proses pada produksi rokok W terdapat pengamatan yang keluar dari batas kendali yaitu pada pengamatan ke-8 berdasarkan hasil yang ditunjukkan pada Lampiran 10, dimana batas kendali atas sebesar 17,97 dan batas kendali bawah sebesar 0. Hal tersebut dapat disimpulkan bahwa *mean* proses pada produksi rokok W belum terkendali secara statistik dikarenakan terjadi masalah pada mesin *blended* sehingga perlu dilakukan analisis kembali dengan menghilangkan pengamatan ke-8.



Gambar 4.5 Peta Kendali T^2 Hotelling Fase I Perbaikan ke-1

Gambar 4.5 merupakan peta kendali T^2 Hotelling setelah dilakukan perbaikan dengan menghilangkan pengamatan ke-8 berdasarkan data yang ada di Lampiran 1(b) dan hasil pada Lampiran 11. Dilihat secara visual pada gambar bahwa tidak ada pengamatan yang berada diluar batas kendali, dimana batas kendali atas sebesar 17,98 dan batas kendali bawah sebesar 0. Hal tersebut dapat disimpulkan bahwa *mean* proses produksi rokok W telah terkendali secara statistik, sehingga dapat dilanjutkan pada analisis berikutnya yaitu kapabilitas proses.

4.2.3 Indeks Kapabilitas Proses Fase I

Kapabilitas proses secara multivariat dilakukan setelah analisis terhadap pengendalian variabilitas serta *mean proses* pada proses produksi rokok W dan didapatkan hasil yang telah terkendali. Kapabilitas proses secara multivariat untuk mengukur kemampuan proses fase I pada bulan Januari 2018 didapatkan dari Persamaan (2.15). Proses produksi dikatakan kapabel atau baik apabila memiliki nilai C_p sama dengan 1 dan sangat baik jika nilai C_p lebih dari satu, sedangkan jika nilai C_p kurang dari satu maka proses produksi tidak kapabel atau buruk.

Hasil proses produksi rokok W pada bulan Januari 2018 ditunjukkan pada Lampiran 16 diperoleh C_p sebesar 5,03, sehingga disimpulkan bahwa proses produksi rokok W memiliki kemampuan proses yang sangat baik.

4.3 Analisis Kapabilitas Proses Fase II

Syarat yang harus dipenuhi dalam melakukan analisis kapabilitas proses adalah proses telah terkendali secara statistik. Analisis pada fase II dilakukan untuk mengetahui apakah terjadi pergeseran *mean* proses atau tidak. Pada penelitian ini fase II menggunakan data Lampiran 2 dengan hasil analisis sebagai berikut.

4.3.1 Pengujian dan Pemeriksaan Asumsi Peta Kendali Multivariat Produksi Rokok W Fase II

Menganalisis data dengan peta kendali multivariat diperlukan beberapa asumsi yang harus dipenuhi, antara lain dependensi variabel dan distribusi normal multivariat. Analisis proses produksi pada fase II menggunakan data proses produksi rokok pada bulan Februari 2018 yang ditunjukkan pada Lampiran 2. Berikut merupakan hasil asumsi yang harus dipenuhi.

a. Pengujian Independensi

Pengujian independensi merupakan syarat dalam analisis peta kendali multivariat terhadap karakteristik kualitas. Karakteristik kualitas pada penelitian yaitu kandungan tar, kandungan nikotin, kandungan air dan *reducing sugar*. Secara teori saling berhubungan karena jika kandungan air tinggi maka kandungan nikotin dan kandungan tar rendah, sedangkan kandungan *reducing sugar*nya tinggi, begitupula sebaliknya, oleh karena itu dilakukan uji independensi untuk mengetahui hubungan antar karakteristik kualitas dengan metode *Barlett's Test*.

H_0 : $\mathbf{R} = \mathbf{I}$ (Hubungan antara keempat karakteristik kualitas saling independen)

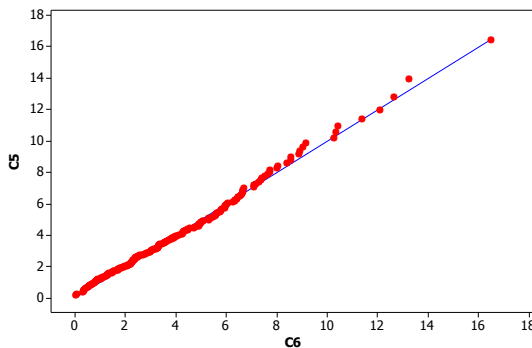
H_1 : $\mathbf{R} \neq \mathbf{I}$ (Hubungan antara keempat karakteristik kualitas saling dependen)

Pengujian independensi dengan menggunakan taraf signifikan sebesar 5% dan statistik uji χ^2 pada Persamaan (2.20) data yang ditunjukkan di Lampiran 2 maka diperoleh hasil seperti pada Lampiran 4 dengan nilai χ^2 sebesar 12,243 lebih kecil dari $\chi^2_{(0,05;6)}$ sebesar 12,592, sehingga diperoleh keputusan H_0 gagal ditolak yang memberi kesimpulan bahwa hubungan karakteristik kualitas antara kandungan tar, kandungan nikotin, kandungan air dan *reducing sugar* saling independen. Hasil perhitungan secara

statistik antar karakteristik kualitas adalah independen namun secara proses kimiawi kandungan yang terdapat pada rokok menunjukkan bahwa antara karakteristik kualitas adalah saling dependen, maka analisis yang digunakan tetap menggunakan analisis secara multivariat.

b. Pemeriksaan Distribusi Normal Multivariat

Pemeriksaan distribusi normal multivariat dilakukan untuk mengetahui apakah hasil pengamatan yang ditujukan di Lampiran 2 telah berdistribusi normal multivariat yaitu dengan melihat nilai proporsi yang diperoleh serta *Chi-square plot* berdasarkan perhitungan pada persamaan (2.23).



Gambar 4.6 *Chi-Square Plot* Data pada Fase II

Gambar 4.6 menunjukkan bahwa secara visual plot yang terbentuk telah mengikuti distribusi normal multivariat sehingga dapat disimpulkan bahwa karakteristik kualitas proses produksi rokok pada bulan Februari 2018 telah berdistribusi normal multivariat. Proporsi yang ditujukan pada Lampiran 7 sebesar 0,505 setara dengan 50,05% dimana nilai tersebut mendekati 50% sehingga dapat disimpulkan bahwa pengamatan berdistribusi normal multivariat.

4.3.2 Analisis Perbedaan Fase I dan II

Analisis MANOVA dilakukan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan antara fase I dan fase II pada proses produksi rokok W di PT. X, yang selanjutnya digunakan sebagai keputusan untuk menentukan batas kendali. Sebelum menggunakan analisis MANOVA terdapat asumsi yang harus dipenuhi terlebih dahulu yaitu uji homogenitas.

Pengujian homogenitas merupakan asumsi yang harus dipenuhi pada analisis perbedaan fase dengan hipotesis pengujian homogenitas sebagai berikut.

H_0 : $\Sigma_1 = \Sigma_2$ (matriks varians kovarians fase 1 dan fase II homogen)

H_1 : minimal ada satu matriks varians kovarians fase I dan fase II yang tidak homogen

Pengujian homogenitas dengan menggunakan taraf signifikan sebesar 5% dan statistik uji pada Persamaan (2.26) data yang ditunjukkan di Lampiran 1(b) dan Lampiran 2 maka diperoleh hasil seperti pada Lampiran 12 dengan nilai *Box's M* sebesar

26,149 lebih besar dari $\chi^2_{(0,05;10)}$ sebesar 18,307 serta nilai *P-value* sebesar 0,004 lebih kecil dibandingkan dengan taraf signifikan sebesar 5%, sehingga diperoleh keputusan H_0 ditolak yang memberi kesimpulan bahwa minimal ada satu matriks varians kovarians fase I dan fase II yang tidak homogen, sehingga pada asumsi analisis perbedaan fase adalah belum terpenuhi, oleh karena itu dalam penelitian dilakukan uji *Behrens-Fisher*.

Uji *Behrens-Fisher* ini digunakan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan antar fase 1 dan fase 2 dalam proses produksi rokok W dimana asumsi homogenitas matriks varians kovarians tidak terpenuhi.

H_0 : $\mu_1 - \mu_2 = 0$ (Tidak terdapat perbedaan antara rata-rata fase I dan rata-rata fase II pada proses produksi rokok W)

H_1 : minimal ada satu pasang $\mu_i \neq 0$ (Minimal ada satu antara rata-rata yang memberikan perbedaan pada proses produksi rokok W)

Pengujian perbedaan Fase I dan Fase II dengan Uji *Behrens-Fisher* menggunakan taraf signifikan sebesar 5% dengan digunakan statistik uji T^2 pada Persamaan (2.32), maka diperoleh hasil nilai T^2 yang ditunjukkan pada Lampiran 13 sebesar 30,75 atau lebih besar dari $\chi^2_{(0,05;10)}$ yaitu sebesar 18,307 sehingga diperoleh keputusan H_0 ditolak.

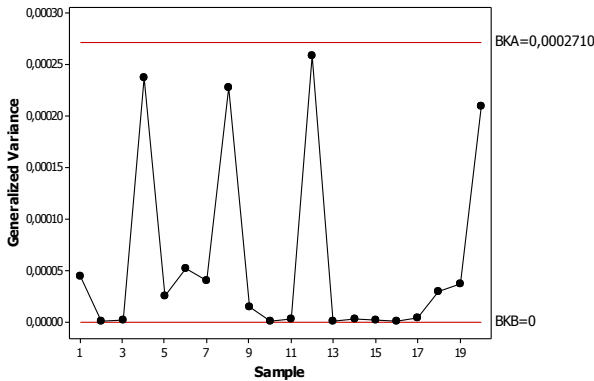
Kesimpulan dari keputusan tersebut adalah terdapat perbedaan fase I dan fase II pada proses produksi rokok W, sehingga perlu dibuat peta kendali baru.

4.3.3 Analisis Kapabilitas Proses Produksi Rokok W Fase II

Analisis pengendalian kualitas digunakan untuk mengetahui apakah proses produksi telah terkendali secara statistik atau belum. Salah satu media secara visual untuk mengetahui proses telah terkendali atau belum menggunakan peta kendali. Peta kendali yang digunakan adalah peta kendali *Generalized Variance* untuk mengukur variabilitas proses dan peta kendali T^2 Hotelling untuk mengukur *mean* proses.

a. Peta Kendali *Generalized Variance* Fase II

Peta kendali *Generalized Variance* digunakan untuk mengontrol variabilitas proses dengan menggunakan Persamaan (2.1) dan (2.2). Pengendalian proses pada variabilitas menggunakan data pada Lampiran 2, sehingga diperoleh hasil pada Lampiran 14. Hasil peta kendali *Generalized Variance* pada proses produksi rokok W ditunjukkan pada Gambar 4.7.

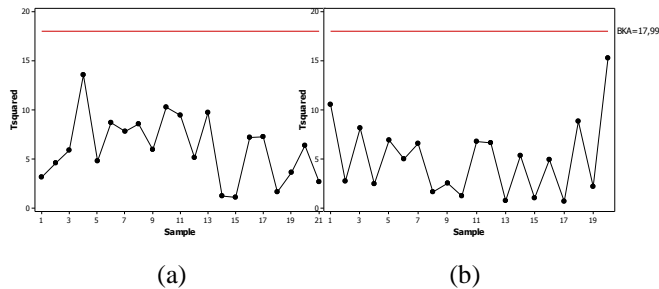


Gambar 4.7 Peta Kendali *Genelarized Variance* Fase II

Gambar 4.7 merupakan peta kendali *Generalized Variance* dengan batas kendali baru, berdasarkan data yang ada di Lampiran 2. Dilihat secara visual pada gambar bahwa tidak ada pengamatan yang berada diluar batas kendali, dimana batas kendali atas sebesar 0,0002710 dan batas kendali bawah sebesar 0. Hal tersebut dapat disimpulkan bahwa varians proses produksi rokok W telah terkendali secara statistik, sehingga dapat dilanjutkan pada analisis peta kendali T^2 Hotelling untuk memonitoring *mean* proses

b. Peta Kendali T^2 Hotelling Fase II

Peta kendali T^2 Hotelling digunakan untuk memonitoring *mean* proses setelah melakukan pengendalian pada variabilitas proses dengan menggunakan peta kendali *Generalized Variance*. Batas kendali yang digunakan pada fase II menggunakan batas kendali fase I untuk membentuk plot pengamatan data fase II, sehingga terdapat pengamatan *out of control* atau pengamatan *in control* tetapi secara visual plot pengamatan lebih rendah dari fase I maka dilakukan analisis MANOVA untuk melihat adanya pergeseran prosesnya. Hasil pengendalian mean proses menggunakan peta kendali T^2 Hotelling dapat dilihat pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Peta Kendali T^2 Hotelling Fase I (a) Fase II (b)

Gambar 4.8 (b) merupakan Peta Kendali T^2 Hotelling fase II yang didapatkan melalui Persamaan (2.12) dengan menggunakan batas kendali pada fase I. Gambar 4.8 (a) dan (b) menunjukkan bahwa *mean* proses pada produksi rokok W tidak terdapat pengamatan yang keluar dari batas kendali, dimana batas kendali atas sebesar 17,98 dan batas kendali bawah sebesar 0 dengan hasil yang ditunjukkan pada Lampiran 15. Hal tersebut dapat disimpulkan bahwa *mean* proses pada produksi rokok W telah terkendali secara statistik.

Gambar 4.8 dilihat secara visual bahwa plot pengamatan antara fase I dan fase II menunjukkan fluktuasi yang stabil, oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa tidak terjadi pergeseran proses produksi sehingga tidak perlu melakukan analisis MANOVA.

4.3.4 Indeks Kapabilitas Proses Fase II

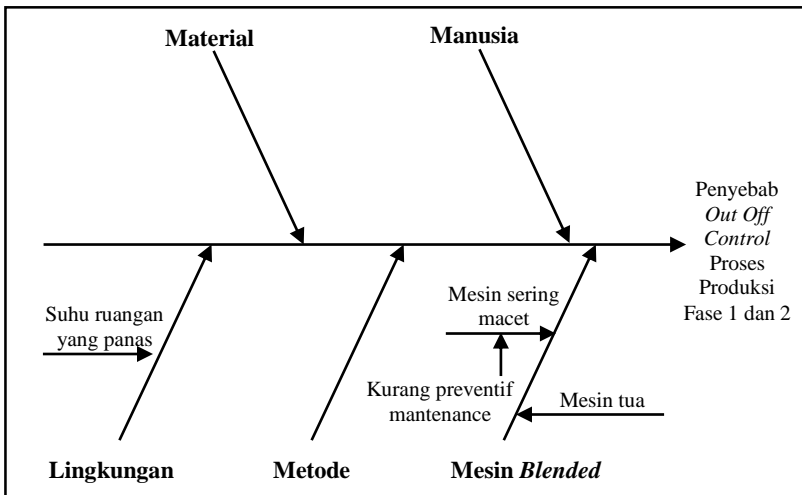
Kapabilitas proses secara multivariat dilakukan setelah analisis terhadap pengendalian variabilitas serta *mean proses* pada proses produksi rokok W dan didapatkan hasil yang telah terkendali. Kapabilitas proses secara multivariat untuk mengukur kemampuan proses fase II pada bulan Februari 2018 didapatkan dari Persamaan (2.15). Proses produksi dikatakan kapabel atau baik apabila memiliki nilai C_p sama dengan 1 dan sangat baik jika

nilai C_p lebih dari satu, sedangkan jika nilai C_p kurang dari satu maka proses produksi tidak kapabel atau buruk.

Hasil proses produksi rokok W pada bulan Februari 2018 ditunjukkan pada Lampiran 17 diperoleh C_p sebesar 4,798, sehingga disimpulkan bahwa proses produksi rokok W memiliki kemampuan proses yang sangat baik.

4.4 Faktor-Faktor Penyebab *Out Of Control*

Diagram *Ishikawa* atau diagram tulang ikan digunakan untuk menjelaskan faktor-faktor penyebab produk keluar dari batas spesifikasi dan tidak terkendalinya proses yang digambarkan dalam bentuk diagram tulang ikan dan biasa juga disebut sebagai diagram *Ishikawa*. Hasil penjelasan dari penyebab tidak terkendalinya proses, dimana penyebab produk keluar dari batas spesifikasi dapat ditunjukkan pada Gambar 4.9



Gambar 4.9 Faktor-Faktor Penyebab *Out Of Control*

Gambar 4.9 menunjukkan faktor-faktor penyebab pengamatan pada proses produksi keluar dari batas kendali yang disebabkan oleh faktor material, manusia, mesin, metode, dan

lingkungan. Faktor – faktor penyebab diketahui berdasarkan *checksheet*, yaitu utamanya faktor mesin. Mesin yang sering macet sehingga akan menyebabkan *blended* bahan baku bermasalah dan akan berakibat pada campuran bahan baku yang tidak rata. Faktor-faktor lain yang menyebabkan pengamatan berada diluar batas kendali juga diketahui dari observasi langsung dengan operator adalah suhu ruangan yang panas dapat menyebabkan bahan baku terlalu kering.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan di pembahasan pada bab IV maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Proses produksi rokok W pada bulan Januari 2018 telah terkendali secara statistik dengan kemampuan proses produksi sebesar 5,03 yang berarti sudah kapabel begitupun proses produksi rokok W pada bulan Februari 2018 telah terkendali secara statistik dengan kemampuan proses sebesar 4,798 yang berarti sudah kapabel.
2. Kemampuan proses produksi rokok W telah kapabel tetapi masih ada yang keluar dari batas kendali sehingga menyebabkan ketidaksesuaian produk. Faktor-faktor yang menyebabkan *out of control* sering terjadi karena mesin *blended* yang sering macet sehingga menyebabkan proses pencampuran bahan baku bermasalah dan akan berakibat tidak rata dan keluar dari batas spesifikasi.

5.2 Saran

PT. X perlu melakukan pemantauan terutama dalam hal *preventif maintenance* atau pengecekan mesin secara terus-menerus selama beberapa jam sehingga dapat meminimalisir ketidaksesuaian produk dan proses *blended* dapat berjalan secara lancar.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- Heizer, J dan Reinder, B. (2015). *Manajemen Operasi*. Ed ke-11. Jakarta: Salemba Empat.
- Johnson, R. A., & Wichern, D. W. (2007). *Applied Multivariat Statistical Analysis*. United States of America: Pearson Prentice Hall.
- Kotz, S. & Johnson, N.L. (1993). *Process Capabilty Indices*. Suffolk: Chapman & Hall.
- Mawardi, Yusuf. (2016). *Tugas Akhir “Pengendalian Proses Kualitas Proses Produksi Diplomat Mild di PT. Gelora Djaja Surabaya Jawa Timur”*. Surabaya: ITS Library.
- Montgomery, D. C. (2013). *Introduction to Statistical Quality Control*. United States of America: John Wiley&Sonc, Inc.
- Rakhmania, Wenny. (2006). *Pengontrolan Kualitas Proses Produksi Rokok Sigaret Kretek Tangan sebuah Perusahaan Rokok di Surabaya Menggunakan Diagram Kontrol Multivariat*. Surabaya: ITS.
- Rencher, Alvin. (2002). *Methods Of Multivariat Analysis*. Canada: Wiley Interscience.

Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Proses Produksi Rokok W Bulan Januari 2018

Subgrup	Sampel tiap subgrup	Tar	Nikotin	Air	RS
1	1	37,58	1,58	13,06	9,44
	2	36,66	1,86	13,03	9,97
	3	36,93	1,87	13,44	9,55
	4	36,05	1,50	14,00	9,92
	5	36,86	1,36	13,47	9,67
	6	36,32	1,66	13,66	9,69
	7	36,15	1,45	13,52	9,79
	8	36,74	1,37	13,15	9,13
	9	36,33	1,57	13,14	9,23
	10	36,84	1,64	13,67	9,14
2	1	36,01	1,65	13,10	9,11
	2	36,07	1,98	13,85	9,34
	3	36,83	1,56	13,10	9,79
	4	36,74	1,23	13,06	9,70
	5	36,37	1,64	13,63	9,95
	6	36,54	1,85	13,92	9,37
	7	36,43	1,41	13,65	9,70
	8	36,83	1,46	13,11	9,11
	9	37,33	1,61	13,31	9,09
	10	36,31	1,46	13,59	9,63
3	1	36,65	1,94	13,69	9,50
	2	36,03	1,45	13,96	9,02
	3	36,08	1,48	13,64	9,76
	4	36,01	1,65	13,67	9,58
	5	36,70	1,96	13,28	9,73
	6	36,88	1,56	13,97	9,91
	7	36,42	1,43	13,52	9,46
	8	36,63	1,41	13,67	9,68
	9	37,37	1,46	13,95	9,36
	10	36,28	1,89	13,05	9,40

Lampiran 1. Data Proses Produksi Rokok W Bulan Januari 2018
(Lanjutan)

Subgrup	Sampel tiap subgrup	Tar	Nikotin	Air	RS
4	1	36,12	1,57	13,71	9,50
	2	36,73	1,72	13,08	9,19
	3	37,74	1,68	13,96	9,96
	4	37,74	1,56	13,56	9,45
	5	37,47	1,23	13,07	9,29
	6	36,20	1,97	13,36	9,95
	7	37,46	1,84	13,99	9,21
	8	37,28	1,56	13,92	9,74
	9	36,50	1,36	13,43	9,87
	10	37,57	1,68	13,57	9,07
5	1	36,87	1,86	13,66	9,50
	2	36,89	1,67	13,16	9,05
	3	36,49	1,89	13,24	9,95
	4	36,51	1,72	13,84	9,65
	5	36,94	1,95	13,69	9,74
	6	36,28	1,79	13,14	9,45
	7	36,90	1,85	13,32	9,26
	8	36,13	1,51	13,38	9,52
	9	36,72	1,68	13,39	9,13
	10	36,75	2,01	13,23	9,52
:	:	:	:	:	:
23	1	37,04	1,66	13,70	9,34
	2	36,55	1,56	13,59	9,30
	3	36,65	1,87	13,20	9,69
	4	36,43	1,57	13,60	9,23
	5	36,86	1,46	13,44	9,44
	6	36,76	1,41	13,42	9,32
	7	36,37	1,24	13,96	9,37
	8	36,47	1,84	13,65	9,37
	9	36,92	1,79	13,45	9,32
	10	36,79	1,80	13,67	9,96

Lampiran 1(a). Data Proses Produksi Rokok W Bulan Januari
2018 Menghilangkan Pengamatan ke-4

Subgrup	Sampel tiap subgrup	Tar	Nikotin	Air	RS
1	1	37,58	1,58	13,06	9,44
	2	36,66	1,86	13,03	9,97
	3	36,93	1,87	13,44	9,55
	4	36,05	1,50	14,00	9,92
	5	36,86	1,36	13,47	9,67
	6	36,32	1,66	13,66	9,69
	7	36,15	1,45	13,52	9,79
	8	36,74	1,37	13,15	9,13
	9	36,33	1,57	13,14	9,23
	10	36,84	1,64	13,67	9,14
2	1	36,01	1,65	13,10	9,11
	2	36,07	1,98	13,85	9,34
	3	36,83	1,56	13,10	9,79
	4	36,74	1,23	13,06	9,70
	5	36,37	1,64	13,63	9,95
	6	36,54	1,85	13,92	9,37
	7	36,43	1,41	13,65	9,70
	8	36,83	1,46	13,11	9,11
	9	37,33	1,61	13,31	9,09
	10	36,31	1,46	13,59	9,63
3	1	36,65	1,94	13,69	9,50
	2	36,03	1,45	13,96	9,02
	3	36,08	1,48	13,64	9,76
	4	36,01	1,65	13,67	9,58
	5	36,70	1,96	13,28	9,73
	6	36,88	1,56	13,97	9,91
	7	36,42	1,43	13,52	9,46
	8	36,63	1,41	13,67	9,68
	9	37,37	1,46	13,95	9,36
	10	36,28	1,89	13,05	9,40

Lampiran 1(a). Data Proses Produksi Rokok W Bulan Januari 2018 Menghilangkan Pengamatan ke-4 (Lanjutan)

Subgrup	Sampel tiap subgrup	Tar	Nikotin	Air	RS
5	1	36,87	1,86	13,66	9,50
	2	36,89	1,67	13,16	9,05
	3	36,49	1,89	13,24	9,95
	4	36,51	1,72	13,84	9,65
	5	36,94	1,95	13,69	9,74
	6	36,28	1,79	13,14	9,45
	7	36,90	1,85	13,32	9,26
	8	36,13	1,51	13,38	9,52
	9	36,72	1,68	13,39	9,13
	10	36,75	2,01	13,23	9,52
:	:	:	:	:	:
23	1	37,04	1,66	13,70	9,34
	2	36,55	1,56	13,59	9,30
	3	36,65	1,87	13,20	9,69
	4	36,43	1,57	13,60	9,23
	5	36,86	1,46	13,44	9,44
	6	36,76	1,41	13,42	9,32
	7	36,37	1,24	13,96	9,37
	8	36,47	1,84	13,65	9,37
	9	36,92	1,79	13,45	9,32
	10	36,79	1,80	13,67	9,96

Lampiran 1(b). Data Proses Produksi Rokok W Bulan Januari
2018 Menghilangkan Pengamatan ke-8

Subgrup	Sampel tiap subgrup	Tar	Nikotin	Air	RS
1	1	37,58	1,58	13,06	9,44
	2	36,66	1,86	13,03	9,97
	3	36,93	1,87	13,44	9,55
	4	36,05	1,50	14,00	9,92
	5	36,86	1,36	13,47	9,67
	6	36,32	1,66	13,66	9,69
	7	36,15	1,45	13,52	9,79
	8	36,74	1,37	13,15	9,13
	9	36,33	1,57	13,14	9,23
	10	36,84	1,64	13,67	9,14
2	1	36,01	1,65	13,10	9,11
	2	36,07	1,98	13,85	9,34
	3	36,83	1,56	13,10	9,79
	4	36,74	1,23	13,06	9,70
	5	36,37	1,64	13,63	9,95
	6	36,54	1,85	13,92	9,37
	7	36,43	1,41	13,65	9,70
	8	36,83	1,46	13,11	9,11
	9	37,33	1,61	13,31	9,09
	10	36,31	1,46	13,59	9,63
:	:	:	:	:	:
6	1	36,46	1,51	13,49	9,30
	2	37,70	1,44	13,37	9,92
	3	37,33	1,43	13,15	9,92
	4	36,86	1,51	13,13	9,42
	5	36,13	1,83	13,50	9,60
	6	36,47	1,57	13,27	9,30
	7	36,48	1,55	13,68	9,73
	8	36,85	1,31	13,66	9,99
	9	36,97	1,71	13,25	9,33
	10	37,82	1,71	13,71	9,62

Lampiran 1(b). Data Proses Produksi Rokok W Bulan Januari
2018 Menghilangkan Pengamatan ke-8
(Lanjutan)

Subgrup	Sampel tiap subgrup	Tar	Nikotin	Air	RS
7	1	36,90	1,56	13,05	9,97
	2	36,07	1,61	13,80	9,62
	3	36,30	1,56	13,75	9,08
	4	36,47	1,45	13,45	9,25
	5	36,38	1,57	13,68	9,39
	6	36,10	1,62	13,62	9,30
	7	36,57	1,63	13,36	9,30
	8	36,98	1,65	13,05	9,55
	9	36,37	1,73	13,93	9,12
	10	36,11	1,78	13,65	9,70
9	1	37,64	1,99	13,14	9,48
	2	36,54	1,82	13,54	9,92
	3	37,79	1,83	13,89	9,38
	4	36,56	1,84	13,78	9,94
	5	36,87	1,87	13,97	9,07
	6	37,29	1,75	13,44	9,22
	7	36,77	1,94	13,76	9,98
	8	37,02	1,75	13,22	9,40
	9	36,57	1,87	13,50	9,52
	10	37,70	1,64	13,70	9,71
:	:	:	:	:	:
23	1	37,04	1,66	13,70	9,34
	2	36,55	1,56	13,59	9,30
	3	36,65	1,87	13,20	9,69
	4	36,43	1,57	13,60	9,23
	5	36,86	1,46	13,44	9,44
	6	36,76	1,41	13,42	9,32
	7	36,37	1,24	13,96	9,37
	8	36,47	1,84	13,65	9,37
	9	36,92	1,79	13,45	9,32
	10	36,79	1,80	13,67	9,96

Lampiran 2. Data Proses Produksi Rokok W Bulan Februari 2018

Subgrup	Sampel tiap subgrup	Tar	Nikotin	Air	RS
1	1	36,92	1,43	13,37	9,44
	2	37,00	1,92	13,03	9,90
	3	36,77	1,40	13,95	9,52
	4	37,23	1,47	13,09	9,96
	5	36,99	1,54	13,64	9,76
	6	36,17	1,40	13,10	9,70
	7	37,42	1,91	13,97	9,72
	8	36,44	1,96	13,92	9,74
	9	36,94	1,84	13,96	9,45
	10	36,76	1,96	13,30	9,32
2	1	36,45	1,30	13,30	9,47
	2	36,60	1,70	13,62	9,68
	3	37,05	1,62	13,75	9,45
	4	37,11	1,34	13,23	9,26
	5	36,14	1,43	13,41	9,52
	6	37,24	1,42	13,31	9,21
	7	36,91	1,34	13,35	9,44
	8	36,42	1,37	13,62	9,24
	9	36,78	1,74	13,47	9,59
	10	36,55	1,31	13,52	9,26
:	:	:	:	:	:
20	1	37,94	1,06	13,97	9,99
	2	36,56	1,60	13,52	9,34
	3	36,80	1,61	13,91	9,18
	4	37,94	1,00	13,19	9,01
	5	37,52	1,71	13,95	9,31
	6	36,13	1,08	13,58	9,39
	7	36,90	1,39	13,54	9,62
	8	37,40	1,45	13,11	9,63
	9	37,94	1,57	13,80	9,01
	10	37,66	1,72	13,71	9,11

Lampiran 3. *Output* Dependensi Variabel Fase I

Bartlett's Test		
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	7,198
	df	6
	Sig.	,303

Lampiran 4. *Output* Dependensi Variabel Fase II**Bartlett's Test**

Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	12,243
	df	6
	Sig.	,057

Lampiran 5. Program *Syntax* Pemeriksaan Distribusi Normal Multivariat

```

Macro
NormalMultivariat X.1-X.p qc dj2
MConstant i j n p Prop Tengah
MColumn x.1-x.p xj Kali d dj2 qc Prob
MMatrix MCova MCovaI xjxbar
  let n=count(x.1)
  Covariance X.1-X.p MCova
  invers MCova MCovaI
  do i=1:n
    do j=1:p
      let xj(j)=x.j(i)-mean(x.j)
    enddo
    copy xj xjxbar
    mult MCovaI xjxbar Kali
    let d=Kali*xj
    let dj2(i)=sum(d)
  enddo
sort dj2 dj2
do i=1:n
  let Prob(i)=1-(n-i+0.5)/n
enddo
INVCDF Prob qc;
  Chisquare p.
plot qc*dj2;
  symbol.
INVCDF 0.5 Tengah;
  Chisquare p.
let Prop=0
do i=1:n
  if dj2(i)<=Tengah
    let Prop=Prop+1
  endif
enddo
let Prop=Prop/n
print Prop
corr qc dj2
name qc 'qc'
name dj2 'dj2'
endmacro

```


Lampiran 6. Output Pemeriksaan Distribusi Normal Multivariat Fase I**Data Display**

Prop 0,469565

Correlations: C5; C6

Pearson correlation of C5 and C6 = 0,989

P-Value = 0,000

No	dj2	No	dj2	No	dj2
1	0,115756	22	1,23377	43	1,909896
2	0,191922	23	1,303098	44	1,93755
3	0,37116	24	1,326507	45	1,961954
4	0,374312	25	1,338446	46	2,004459
5	0,423151	26	1,370841	47	2,011085
6	0,429363	27	1,372647	48	2,028669
7	0,457829	28	1,452879	49	2,080498
8	0,52669	29	1,476426	50	2,09054
9	0,634788	30	1,50244	51	2,099331
10	0,68286	31	1,516367	52	2,101781
11	0,684899	32	1,52184	53	2,116961
12	0,712088	33	1,548988	54	2,124543
13	0,798208	34	1,701575	55	2,12808
14	0,80451	35	1,702502	56	2,137047
15	1,032903	36	1,707167	57	2,177503
16	1,034452	37	1,721887	58	2,181392
17	1,070514	38	1,747118	59	2,213294
18	1,082088	39	1,77826	:	:
19	1,183721	40	1,799874	230	12,16257
20	1,206727	41	1,847585		
21	1,211522	42	1,858738		

**Lampiran 7. Output Pemeriksaan Distribusi Normal Multivariat
Fase II**

Data Display

Prop 0,505000

Correlations: C5; C6

Pearson correlation of C5 and C6 = 0,998

P-Value = 0,000

No	dj2	No	dj2	No	dj2
1	0,035056	21	0,847376	41	1,529009
2	0,08346	22	0,857254	42	1,537541
3	0,316298	23	0,881574	43	1,55237
4	0,350358	24	0,909479	44	1,693707
5	0,355629	25	1,022708	45	1,69998
6	0,357512	26	1,041865	46	1,704173
7	0,376704	27	1,060696	47	1,760075
8	0,449361	28	1,128568	48	1,800214
9	0,52329	29	1,158135	49	1,813419
10	0,534625	30	1,211219	50	1,815092
11	0,558335	31	1,248952	51	1,901873
12	0,587416	32	1,260016	52	1,930895
13	0,649917	33	1,273077	53	1,991499
14	0,658962	34	1,291651	54	2,046986
15	0,677263	35	1,308647	55	2,085861
16	0,735507	36	1,323326	56	2,115806
17	0,764534	37	1,364948	57	2,122376
18	0,789894	38	1,449424	:	:
19	0,80519	39	1,465969	200	16,49448
20	0,835781	40	1,519577		

Lampiran 8. *Output Statistik Uji Generalized Variance Fase I*

No	Statistik GV
1	0,0000329
2	0,0000281
3	0,0000269
4	0,0001388
5	0,0000014
6	0,0000126
7	0,0000008
8	0,0000227
9	0,0000148
10	0,0000229
11	0,0000048
12	0,0000123
13	0,0000208
14	0,0000012
15	0,0000282
16	0,0000014
17	0,0000126
18	0,0000002
19	0,0000011
20	0,0000016
21	0,0000029
22	0,0000026
23	0,0000026

Lampiran 9. *Output Statistik Uji Generalized Variance* Fase I
Perbaikan ke-1

No	Statistik GV
1	0,0000329
2	0,0000281
3	0,0000269
4	0,0000014
5	0,0000126
6	0,0000008
7	0,0000227
8	0,0000148
9	0,0000229
10	0,0000048
11	0,0000123
12	0,0000208
13	0,0000012
14	0,0000282
15	0,0000014
16	0,0000126
17	0,0000002
18	0,0000011
19	0,0000016
20	0,0000029
21	0,0000026
22	0,0000026

Lampiran 10. *Output Statistik Uji T^2 Hotelling Fase I*

No	T^2 Hotelling
1	3,36
2	5,23
3	6,14
4	13,04
5	5,14
6	9,32
7	6,94
8	18,78
9	8,26
10	6,84
11	9,57
12	8,51
13	5,91
14	9,26
15	1,2
16	1,43
17	6,62
18	7,65
19	1,34
20	3,73
21	6,97
22	2,82

Lampiran 11. *Output Statistik Uji T^2 Hotelling Fase I Perbaikan ke-1*

No	T^2 Hotelling
1	3,36
2	5,23
3	6,14
4	13,04
5	5,14
6	9,32
7	6,94
8	8,26
9	6,84
10	9,57
11	8,51
12	5,91
13	9,26
14	1,2
15	1,43
16	6,62
17	7,65
18	1,34
19	3,73
20	6,97
21	2,82

Lampiran 12. *Output* Uji Homogenitas**Box's Test of Equality of
Covariance Matrices^a**

Box's M	26,149
F	2,587
df1	10
df2	791540,419
Sig.	,004

Lampiran 13. *Output Uji Behrens-Fisher*

T <i>Test</i>
30,74984174

Lampiran 14. *Output Statistik Uji Generalized Variance Fase II*

No	Statistik GV
1	0,000044
2	0,0000004
3	0,0000018
4	0,0002367
5	0,0000257
6	0,0000518
7	0,0000401
8	0,0002272
9	0,0000142
10	0,0000006
11	0,0000034
12	0,0002589
13	0,000001
14	0,0000034
15	0,0000017
16	0,0000012
17	0,0000044
18	0,0000298
19	0,0000366

Lampiran 15. *Output Statistik Uji T^2 Hotelling Fase II*

No	T^2 Hotelling
1	10,58
2	2,74
3	8,18
4	2,5
5	6,91
6	4,97
7	6,58
8	1,64
9	2,52
10	1,26
11	6,77
12	6,65
13	0,75
14	5,32
15	0,99
16	4,9
17	0,71
18	8,85
19	2,17

Lampiran 16. Indeks Kapabilitas Proses Fase 1**Data Display**

K11	5,02519
-----	---------

Lampiran 17. Indeks Kapabilitas Proses Fase 2

Data Display	
K10	4,79845

Lampiran 18. Surat Keterangan

SURAT KETERANGAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menerangkan bahwa :

1. Mahasiswa Departemen Statistika Bisnis Fakultas Vokasi-ITS dengan identitas berikut :

Nama : Evi Betris Kurnia Aswanda
NRP : 1061150000010

Telah mengambil data di instansi/perusahaan kami :

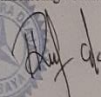
Nama Instansi : PT. GELORA DJAJA
Divisi/Bagian : *Research and Development*

Bulan Januari 2018 dan Februari 2018 untuk keperluan Tugas Akhir/*Final Project* Semester Genap 2017/2018.

2. ~~Tidak Keberatan~~ / Keberatan* nama perusahaan dicantumkan dalam Tugas Akhir/*Final Project* mahasiswa Statistika Bisnis yang akan disimpan di Perpustakaan ITS dan dibaca di lingkungan ITS.

3. ~~Tidak Keberatan~~ / Keberatan* bahwa hasil analisis data dari perusahaan dipublikasikan dalam E-journal yaitu Jurnal Sains dan Seni ITS.

Surabaya, 16 Mei 2018
Pembimbing Perusahaan


(Rishan Eka Kurniawan)
NIP. 2015.02.0127

*(Coret yang tidak perlu).

Lampiran 19. Surat Pernyataan Keaslian Data

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini, mahasiswa Departemen Statistika Bisnis
Fakultas Vokasi ITS :

Nama : Evi Betris Kurnia Aswanda
NRP : 10611500000010


Menyatakan bahwa data yang digunakan dalam Tugas Akhir ini merupakan data
sekunder yang diambil dari :


Sumber : PT. GELORA DJAJA
Keterangan : Data *Research and Development* Hasil Produksi Rokok
Wismilak Diplomat

Surat Pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya. Apabila terdapat pemalsuan data,
maka saya siap menerima sanksi sesuai dengan peraturan yang berlaku.


Mengetahui,
Pembimbing Perusahaan

Surabaya, 16 Mei 2018
Yang membuat Pernyataan


(Ristian Eka Kurniawan)
NIP. 2015.02.0127


(Evi Betris Kurnia Aswanda)
NRP. 10611500000010

Mengetahui,
Dosen Pembimbing Tugas Akhir


(Dra. Sri Mumpuni Retnaningsih, MT)
NIP.19610311 198701 2 001

BIODATA PENULIS



Penulis bernama Evi Betris Kurnia Aswanda, biasa dipanggil Betris. Penulis merupakan anak pertama dari satu bersaudara yang berarti anak tunggal, lahir di Kota Kediri 12 September 1997. Riwayat pendidikan yang ditempuh penulis diantaranya TK Dewi Sartika, SDN Sukorame 2, SMPN 4 Kediri, SMAN 3 Kediri dan kemudian melanjutkan pendidikan di Departemen Statistika Bisnis ITS. Masuk pada tahun 2015 sebagai mahasiswa baru. Selama masa perkuliahan penulis tergolong aktif mengikuti

oragnisasi, pelatihan dan kepanitiaan. Organisasi yang diikuti oleh penulis yaitu Himpunan Mahasiswa Diploma Statistika-ITS sebagai staf KWU 2016/2017, Ketua Biro *Selling Marketing* KWU periode 2017/2018, anggota Departemen Perekonomian BEM Fakultas FMIPA periode 2016/2017. Organisasi lain yang penulis ikut bergabung didalamnya yaitu Rumah Perjuangan. Selain itu penulis juga aktif dalam Tim Futsal Putri HIMADATA-ITS tiga tahun berturut-turut. Cukup banyak kegiatan kepanitiaan dan pelatihan yang pernah diikuti oleh penulis sehingga tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis sangat berharap akan kritik dan saran yang membangun sehingga untuk informasi dan komunikasi lebih lanjut maka penulis dapat dihubungi melalui :

Email : evibetris55@gmail.com

No Telp : 081216483643

